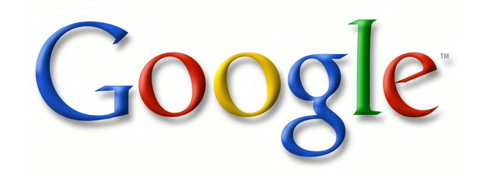
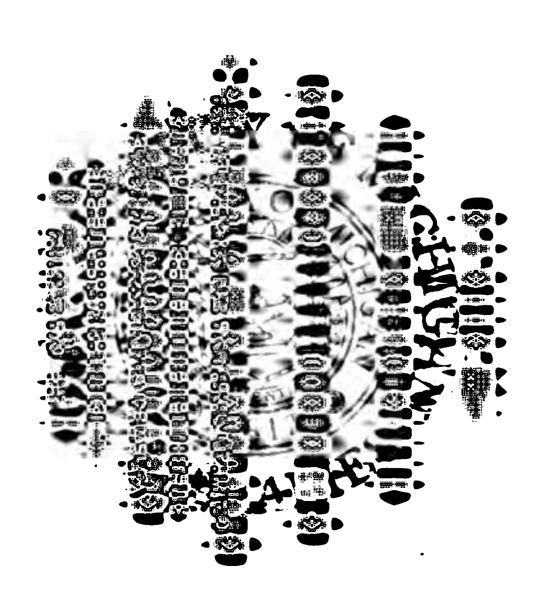
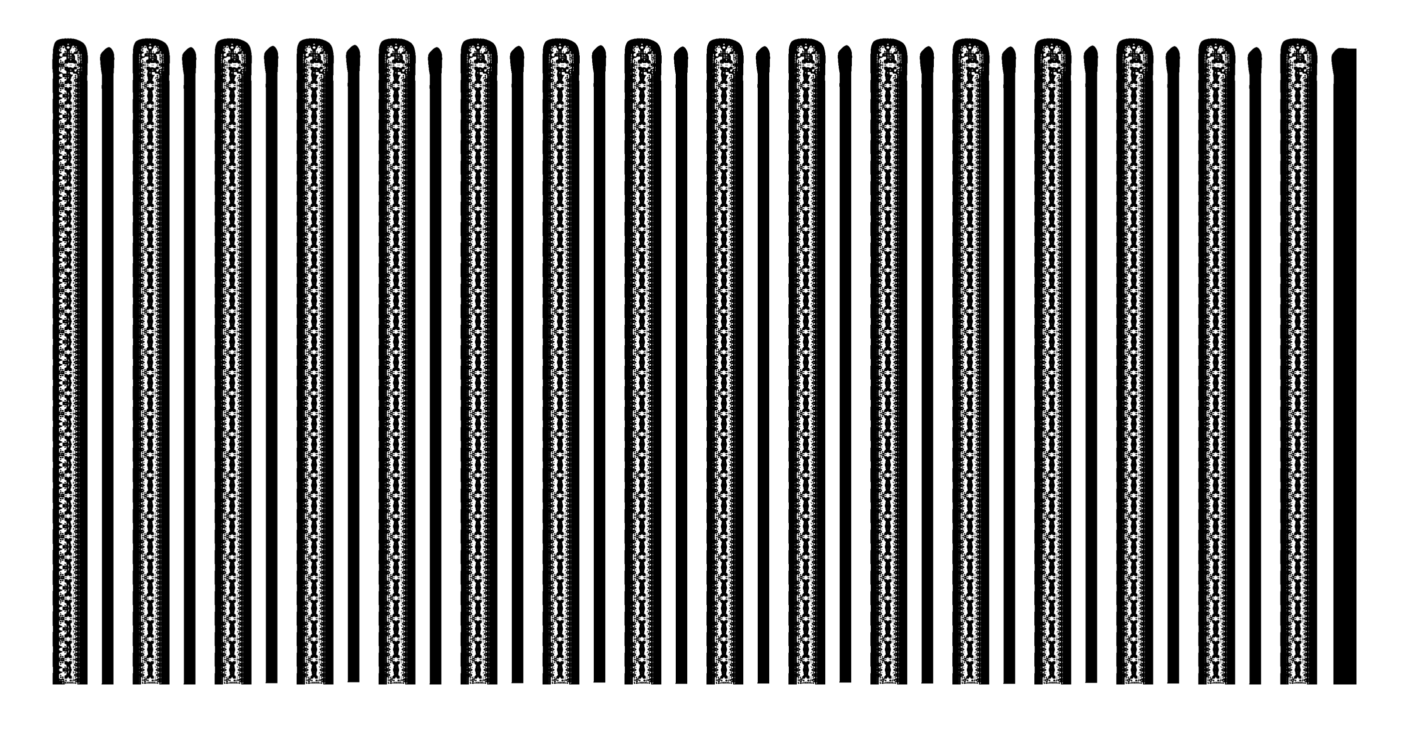


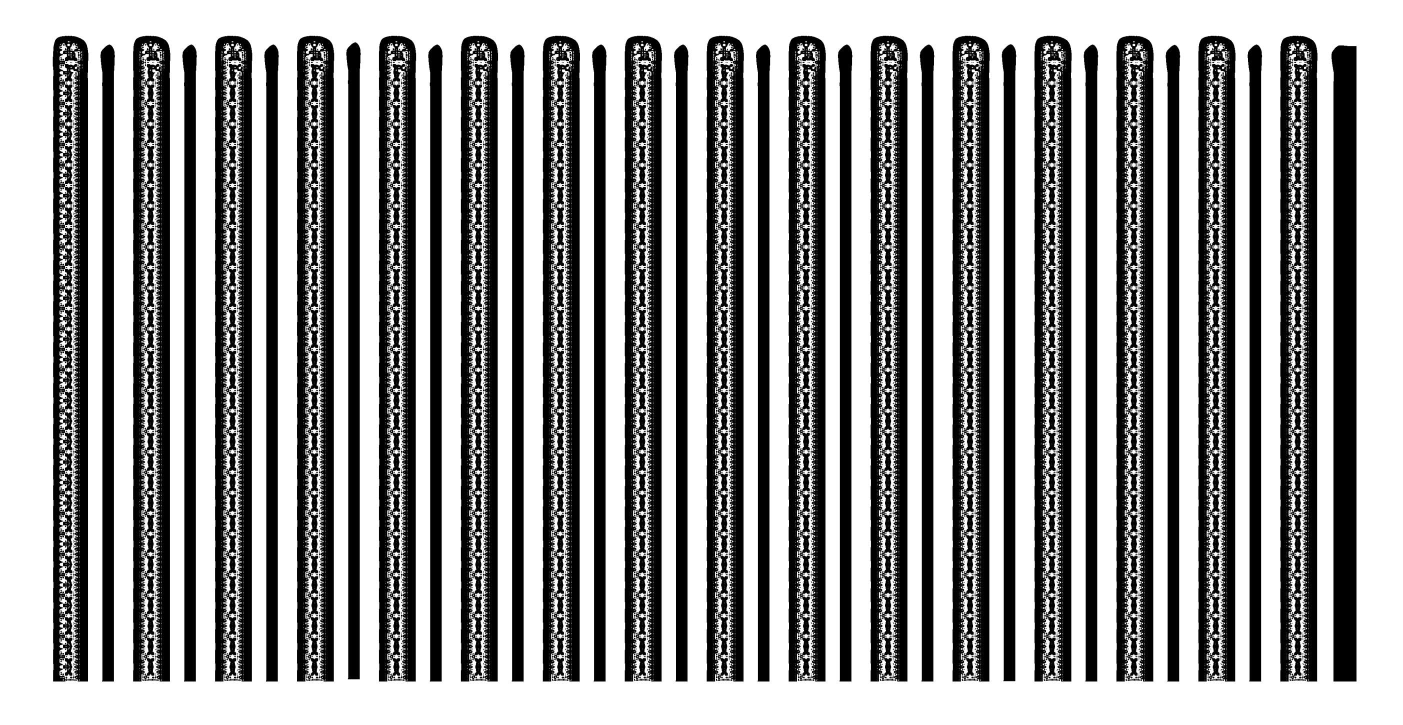

Google











HANDBUCH

DER

INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Bänden.

Fünfter Band:

Der Eisenbahnbau.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Herausgegeben

von

F. Loewe und Dr. H. Zimmermann.

Erste Abteilung.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1897.

DER

EISENBAHNBAU.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften V. Band.

Erste Abteilung:

Einleitung und Allgemeines. Bahn und Fahrzeug.

Bearbeitet von

Alfred Birk, Franz Kreuter,

herausgegeben von

F. Löwe
Ord. Professor
an der technischen Hochschule
zu München.

und

Dr. H. Zimmermann
Geheimer Oberbaurat
und vortragender Rat im Ministerium der
öffentlichen Arbeiten zu Berlin.

Mit 125 Abbildungen im Text und vollständigem Sachregister.

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1897.


Transportation
Library

Vorwort.

Mehr als ein Vierteljahrhundert ist verflossen, seitdem nach dem Plane Heusinger's von Waldegg und unter seiner bewährten Leitung die ersten Teile des Handbuches für Specielle Eisenbahntechnik in die Öffentlichkeit traten, jenes gross angelegten Werkes, das wohl geeignet erschien, eine lebhaft empfundene Lücke in der deutschen Litteratur auszufüllen.

Der Beifall, welcher dem Unternehmen gezollt wurde und mehrseitige Wünsche nach einer Ergänzung des behandelten Stoffes waren Veranlassung, alsbald eine Erweiterung des ursprünglichen Programmes ins Auge zu fassen. Man kam zu dem Entschlusse, neben Vorarbeiten und Erdarbeiten, sowie Konstruktion von Stütz- und Futtermauern, auch noch Strassen- und Tunnelbau, sowie Grund- und Brückenbau für mehrere Ergänzungsbände in Aussicht zu nehmen. Damit hatte jedoch das neue Programm schon eine solche Ausdehnung gewonnen, dass es nahe lag, auch noch Wasserbau und Baumaschinen in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen und ein besonderes Werk unter dem Namen »Handbuch der Ingenieurwissenschaften« neben dem schon bestehenden Heusinger'schen Handbuche für Specielle Eisenbahntechnik in Angriff zu nehmen.

Als dann später die Frage wegen Neuauflage des letzteren, unterdessen veralteten Buches auftauchte, entschloss sich die Verlagsbuchhandlung zu einer, wenigstens teilweisen Vereinigung der beiden getrennten Werke in der Art, dass sie den »Eisenbahnbau«, jedoch mit Ausschluss der Vorarbeiten, des Unterbau und des Tunnelbau, welche Stoffe schon im 1. Bande des Handbuches der Ingenieurwissenschaften Berücksichtigung gefunden hatten, in einen 5. Band dieses Handbuches verwies.

Leider haben schon die Vorbereitungen dazu und sodann auch die Bearbeitungen der einzelnen Kapitel des neuen Bandes durch mancherlei Umstände, insbesondere durch die starke Berufsbelastung vieler Mitarbeiter und schliesslich noch durch die Neuauflage der »Technischen Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen«, wie auch der »Normen« und der »Betriebsordnung« vielfache Verzögerungen erlitten. Der dadurch entstandene Aufschub dürfte übrigens dem Werke insofern zum Nutzen gereichen, als er die Berücksichtigung einer Anzahl von Neuerungen und Fortschritten ermöglicht hat, die gerade in letzter Zeit gemacht worden sind.

Indem wir hiemit die 1. Abteilung der Öffentlichkeit übergeben, können wir nur den Wunsch hegen, es möchte auch der 5. Band des Handbuches der Ingenieurwissenschaften gleichen Beifall der Fachgenossen finden, wie einst seine Vorgänger.

Berlin und München, im Oktober 1896.

Die Herausgeber.

Inhalts-Verzeichnis.

Erste Abteilung.

I. Kapitel.

Einleitung, Geschichtliches über Eisenbahnen, Einteilung derselben.

Bearbeitet von Dipl. Ing. Alfred Birk.

(Hiezu 19 Textabbildungen.)

II. Kapitel.

Bahn und Fahrzeug im allgemeinen.

Bearbeitet von Franz Kreuter, ord. Professor an der k. technischen Hochschule zu München.

(Hiezu 106 Textabbildungen.)

Erster Abschnitt.

Allgemeine Kennzeichnung des heutigen Standes von Bahn und Fahrzeug.

I. Kapitel.

Einleitung, Geschichtliches über Eisenbahnen, Einteilung derselben.

Bearbeitet von Dipl. Ing. **Alfred Birk.**

(Mit 19 Textfiguren.)

§ 1. Begriff der Eisenbahn. — Der Begriff Eisenbahn, im eigentlichen Sinne des Wortes genommen, gilt für alle jene Beförderungswege, die mit metallenem Gleise, d. i. mit einem eisernen Schienenstrange oder mit mehreren parallel laufenden eisernen Schienensträngen als Bahn für die Beförderungsmittel versehen sind, um auf solche Weise den Lauf der letzteren zu regeln, eine Verminderung der Reibung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn zu bewirken und mithin die Leistungsfähigkeit des Landtransportes zu erhöhen. Bei dem Umstande, daß die Eisenbahnen erst durch die Anwendung der Dampfkraft als Bewegungsmittel jene große Bedeutung erlangt haben, welche sie heute besitzen, und bei dem weiteren Umstande, daß diese Betriebskraft auch noch jetzt im Eisenbahnwesen die wichtigste Rolle spielt und wohl auch noch für längere Zeit den ersten Rang einnehmen wird, erscheint die Anwendung der Dampfkraft mit dem Begriffe Eisenbahn so innig verbunden, daß dieser von manchen Schriftstellern überhaupt auf Dampfbahnen beschränkt wird. In solchem Sinne erklären Sax („Die Verkehrsmittel") und Gleim („Das Recht der Eisenbahnen in Preussen") die Eisenbahnen als Landtransportmittel unter Anwendung des Dampfes. Das ganze Gepräge des Eisenbahnwesens in seiner heutigen Gestaltung ist nun allerdings ein Ergebnis der entschiedenen Verwertung der Dampfkraft; wo andere Naturkräfte zur Benützung gelangen, bildet sich noch jetzt der Begriff des Außergewöhnlichen, des Außerordentlichen in Hinsicht auf die Bestimmung der Eisenbahn und auf die Verhältnisse, unter denen sie entstanden ist und ihr Betrieb sich abwickelt, so daß in der technischen Litteratur allgemein alle nicht mit Dampflokomotiven betriebenen Bahnen unter die außergewöhnlichen Anlagen eingereiht werden. Es ist aber kein Zweifel, daß in Zukunft in dieser Auffassung eine Aenderung eintreten wird und zwar in erster Linie dadurch, daß die Elektrizität, welche schon jetzt im Betriebe von Neben- und Stadtbahnen eine hervorragende Bedeutung erlangt hat und selbst auf Hauptbahnen mit der Dampfkraft in Wettbewerb zu treten versucht, in vielen Fällen der Dampfkraft gegenüber Siegerin bleiben wird. Es erscheint also die eben erwähnte Beschränkung des Begriffes nicht gerechtfertigt. Einige Autoren ziehen demnach auch etwas weitere Grenzen und setzen für die Einreihung einer Spurbahn mit eisernen Schienensträngen unter den Begriff der Eisenbahn nur die Anwendung einer maschinellen Kraft voraus; so geschieht dies unter Anderen von Ulrich („Archiv für Eisenbahnen" 1884), Haushofer („Grundzüge des Eisenbahnwesens") und v. d. Leyen, welcher sich über diesen Punkt in

dem Artikel „Eisenbahnwesen“ des „Wörterbuches des deutschen Verwaltungsrechtes“ ausspricht. Aber auch diese Begriffsbestimmung bewegt sich noch in zu beschränktem Umfange, denn es finden bei Stadt-, Straßen- und Schleppbahnen tierische Kräfte eine ausgedehnte, erfolgreiche und zweckmäßige Verwendung, auch kommt bei ihnen jene wesentliche Eigentümlichkeit der Eisenbahnen, daß sie dem Massentransporte in unverrückbar gegebener Richtung dienen, so unzweideutig zum Vorschein, daß es nicht angeht, diese Verkehrswege von den Eisenbahnen auszuscheiden. Bei Rollbahnen wird die menschliche Muskelkraft zur Beförderung der Transportmittel angewendet, bei Bergwerksbahnen und anderen, nur dem Gütertransporte dienenden Anlagen vielfach nur die Schwerkraft — und hier wie dort ist keine Veranlassung, diese Schienenwege außerhalb des Begriffes der Eisenbahnen zu stellen. Für diesen Begriff ist eben das Gleis das maßgebende Moment, während der Motor erst in zweiter Linie zur Geltung kommt. Die Kabelbahnen, die atmosphärischen Bahnen, die durch geregelte Wasserkraft betriebenen Bahnen und selbst jene Drahtseilbahnen, bei welchen das Fahrzeug an einem Seile hängend durch die Luft befördert wird, gehören zu den Eisenbahnen im allgemeinen und weitesten Sinne des Wortes, wogegen Straßenlokomotiven, Dampf- und Gaswagen, welche ohne Spur auf gewöhnlichen Straßen laufen, mit den Eisenbahnen nichts zu thun haben.

Eine Begriffsbestimmung, die wegen ihres Eingehens auf alle Einzelheiten der Eigenschaften von Eisenbahnen bemerkenswert ist, wurde vom deutschen Reichsgerichte in einer Entscheidung vom 17. März 1879, und zwar vom Standpunkte des Reichshaftpflichtgesetzes gegeben; hienach ist die Eisenbahn „ein Unternehmen, gerichtet auf wiederholte Fortbewegung von Personen und Sachen über nicht ganz unbedeutende Raumstrecken auf metallener Grundlage, welche durch ihre Konsistenz, Konstruktion und Glätte den Transport großer Gewichtsmassen, bezw. die Erzielung einer verhältnismäßig bedeutenden Schnelligkeit der Transportbewegung zu ermöglichen bestimmt ist und durch diese Eigenart, in Verbindung mit den zur Erzeugung der Transportbewegung benutzten Naturkräften (Dampf, Elektrizität, tierischer oder menschlicher Muskelthätigkeit, bei geneigter Ebene der Bahn auch schon der eigenen Schwere der Transportgefäße und deren Ladung), beim Betriebe des Unternehmens auf derselben eine verhältnismäßig gewaltige Wirkung zu erzeugen fähig ist“. Diese Festsetzung deckt sich vollständig mit der eingangs dargelegten Anschauung.

Vom Standpunkte des Eisenbahnrechtes aus genießen allerdings die mit Dampfkraft betriebenen Eisenbahnen insofern einen gewissen, die anders betriebenen Bahnen mehr oder weniger von dem Begriffe der Eisenbahnen ausschließenden Vorzug, als die Gesamtheit der eisenbahnrechtlichen Normen in der Regel eben nur auf diese Bahnen — soferne sie dem öffentlichen Verkehre dienen — Anwendung findet, während die übrigen Gattungen der Eisenbahnen nur einzelnen derjenigen eisenbahnrechtlichen Normen, welche für alle Lokomotivbahnen gleichmäßig anwendbar sind, unterworfen erscheinen. Für die Eisenbahnbautechnik liegt aber in diesem Umstande keine Ursache, die wichtig genug wäre, den Dampfeisenbahnen ebenfalls eine so bevorzugte Stellung einzuräumen.

§ 2. Verhältnis der Eisenbahnen zu den Land- und Wasserstrafsen. — Durch die Eisenbahn hat das Transportwesen eine große Vervollkommnung erlangt, die weiterhin noch Erörterung finden soll. Dennoch würde es nicht den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen, wenn die Eisenbahn als das für alle Fälle einzig zweckmäßige Verkehrsmittel betrachtet würde.

Die Land- und Wasserstraßen besitzen volle Daseinsberechtigung mit den Eisenbahnen und haben sich auch als Verkehrswege neben ihnen behauptet, ja denselben in gewissen Fällen sogar den Vorrang abgelaufen. Der Eisenbahnverkehr bietet gegenüber dem Landstraßenverkehre die Vorteile großer Beförderungsgeschwindigkeit, bedeutender Massentransporte, sowie der Regelmäßigkeit der Beförderung und im allgemeinen auch der Billigkeit des Transportes. Nur auf kurze Strecken, wo die Kosten für die Umladung der Güter im Vergleiche zu den eigentlichen Beförderungskosten sich zu hoch stellen, oder wo die Beschränktheit des Eisenbahnverkehrs, der an bestimmte Stunden und Haltepunkte gebunden erscheint, sich unangenehm und hindernd fühlbar macht, tritt die Beförderung auf den Landstraßen in wirksamen Wettbewerb mit jener auf den Eisenbahnen. So ist dies namentlich in den Städten selbst und in deren engerem Umkreise der Fall; hier fällt die Schmiegsamkeit des Straßenfuhrwerks, das sich dem Straßenverkehre fast in allen seinen Verzweigungen anschließen kann, gegenüber der Eisenbahn entschieden ins Gewicht. Die Pferdebahnen haben den Omnibus nicht zu verdrängen vermocht — im Gegenteile, sie haben dessen Eigentümlichkeit, worauf seine Bedeutung für das städtische Leben beruht, erst in das rechte Licht gestellt. Der Wettbewerb zwischen Eisenbahn und Landstraße spielte in der ersten Zeit des Eisenbahnwesens eine große Rolle. Das Bahnnetz bestand aus einzelnen, unter sich nicht verbundenen Linien, so daß für weitere Transporte wiederholte Umladungen notwendig wurden; dazu kam der Umstand, daß die Beziehungen zwischen den Güterversendern und Fuhrunternehmern auf langjährigen geschäftlichen Verhältnissen beruhten, die sich nicht in kurzer Zeit lösten; noch heute bietet der Straßenverkehr aus ähnlichen Gründen neu entstandenen Lokal- und Kleinbahnen sehr bedeutende Konkurrenz, so daß der Güterverkehr durch längere Zeit nach der Betriebseröffnung zuweilen wesentlich hinter den gehegten Erwartungen und Berechnungen, welche oft die vollständige und sofortige Uebernahme des bestehenden Straßenverkehres durch die Eisenbahn voraussetzen, zurückbleibt. Aus vielfachen geschäftlichen Gründen muß der Landmann das Fuhrwerk trotz des Bestehens eines Schienenweges behalten, ohne es im vollen Umfange für den näheren Zweck, besonders für Feldarbeiten ausnützen zu können; er ist deshalb bestrebt, die Kosten des Unterhaltes desselben nach Möglichkeit durch die Uebernahme von Transporten jeder Art zu decken und leistet daher solche Dienste zu gewissen Zeiten um Beförderungspreise, auf welche die Eisenbahn und namentlich die Kleinbahn unmöglich herabgehen kann. Nur allmählich und zwar infolge der durch sie bewirkten allgemeinen Verschiebung der wirtschaftlichen Verhältnisse gewinnt die Eisenbahn die Oberhand. Im allgemeinen haben die Landstraßen, wenn von dem Durchgangsverkehre abgesehen wird, durch den Aufschwung der Eisenbahnen nicht an Bedeutung verloren. Der Verkehr auf manchen von ihnen hat vielmehr zugenommen und das Straßennetz hat sich durch die Anlage kürzerer Straßenverbindungen vergrößert[1]).

Der Verkehr auf Wasserstraßen befindet sich dem Eisenbahnverkehre gegenüber infolge der Unstetigkeit und Unregelmäßigkeit des Betriebes, der geringen Geschwindigkeit der Beförderung, der umständlichen Manipulation mit kleineren Stückgütern und der verhältnismäßig großen Ladungs- und Entladungskosten entschieden im Nachteile, wenn es sich ausschließlich um Personen- und Schnellgüter-

[1]) Loewe, Straßenbaukunde, Wiesbaden 1895.

verkehr handelt; dagegen eignet sich der Wasserweg in besonderem Grade für Roh- und Massengüter, welche hohe Transportkosten nicht vertragen und bei denen es auf schnellen Transport nicht ankommt, sowie für feuergefährliche Güter und Sendungen, welche durch das Rütteln auf den Eisenbahnen Schaden leiden. Nach Sympher („Transportkosten auf Eisenbahnen und Kanälen", 1885) kostet der Transport einer Tonne längs 1 km auf Kanälen mit Pferdezug 2,096 Pf., mit Dampfbetrieb — unter sonst günstigen Annahmen hinsichtlich Konstruktion der Schiffe und Durchführung des Betriebes — 1,732 Pf., auf Eisenbahnen 2,877 Pf., also um 66 % mehr. R. Koch schlägt in seinem Buche über „die Transportbedingungen für organisierten Massengüterverkehr auf Eisenbahnen" (1889) vor, zur Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit der Eisenbahnen auf diesen unter gewissen Bedingungen Schleppzüge für Massenbeförderung einzuführen oder auch eigene Schleppbahnen zu diesem Zwecke zu bauen; im ersteren Falle würde sich der Tarifsatz auf 1,7 Pf., im letzteren, selbst ohne Annahme von Rücktransporten, auf 1,561 Pf. für das Tonnenkilometer stellen. Es darf nun nicht übersehen werden, daß die Ausnutzung der vorhandenen Wasserwege, wie des Meeres, das längs der Küsten mit den Schienenpfaden in Wettbewerb tritt, und der Flußläufe im Interesse der Volkswirtschaft dringend geboten erscheint; denn jene niedrigen Tarifsätze, welche auf solchen Verkehrswegen möglich sind, können auf Eisenbahnen nie zur Anwendung kommen, so lange überhaupt auch nur eine Deckung der Selbstkosten als Grundsatz des Unternehmens zu gelten hat; es gibt aber nicht nur viele Güter, für welche die Transportdauer nicht in Betracht kommt, sondern auch zahlreiche Reisende, für welche die Zeit unter Umständen nur einen geringen Wert hat, die mithin lieber langsam und billig als schnell und teuer fahren.

Anders stellen sich Eisenbahnen und Kanäle zu einander. Letztere sind, günstige Geländeverhältnisse vorausgesetzt, nur in Gegenden, wo Roh- und Massenprodukte in großer Menge zur Beförderung gelangen, wie auch hauptsächlich nur dann gerechtfertigt, wenn sie als Verbindung schiffbarer Flüsse erscheinen oder außer dem Verkehre auch noch zu Be- und Entwässerungsanlagen dienen, wie dies namentlich in Holland der Fall ist.

Der Wettstreit zwischen den Eisenbahnen und Kanälen hat verschiedene Entwickelungsstufen durchlaufen. Anfangs gelang es zuweilen den Kanalunternehmungen im Vereine mit Fuhrwerksunternehmungen, Gasthausbesitzern und anderen Beteiligten den Bau konkurrierender Linien zu verzögern; sobald aber einmal die Vorteile des Eisenbahnverkehres sich geltend gemacht hatten, vermochten die Eisenbahnen durch fortgesetzte Verminderung der Tarife die Kanalunternehmungen lahm zu legen, und diese sahen in dem Zusammengehen mit ersteren den einzigen Ausweg aus zunehmender finanzieller Bedrängnis. In England und Frankreich gingen die Kanäle sehr bald an die Eisenbahngesellschaften über, die aber kein Interesse daran hatten, deren Ausgestaltung und Ausnützung zu fördern. Auch in Deutschland und Oesterreich ließ man die Kanäle fast unbenützt liegen und der Kanalbau hörte Jahrzehnte lang überhaupt vollständig auf. Nur in Holland und Belgien, wo durch den Reichtum des Landes an Naturerzeugnissen und durch die eigentümlichen Geländeverhältnisse alle Vorbedingungen für den Fortbestand des Verkehres auf den Wasserstraßen gegeben waren und das weitverzweigte Netz solcher Straßen den Verkehr selbst außerordentlich förderte, erhielten sich die Kanäle in fast ungeschwächter Blüte neben den Eisenbahnen. In Amerika bot der in der Zeit von 1817—1825 erbaute Eriekanal den Eisenbahnen eine erfolgreiche Konkurrenz, bis es den letzteren

endlich in den siebziger Jahren durch eine bedeutende Verminderung der Tarife gelang, einen großen Teil des Kanalverkehres an sich zu ziehen.

In neuerer Zeit — etwa seit zehn bis fünfzehn Jahren — hat sich die Aufmerksamkeit der Volkswirte und Techniker den Wasserstraßen wieder mehr zugewendet. Man hat einerseits ihre Daseinsberechtigung und ihre Bedeutung als ein für gewisse Verhältnisse wertvolles und zweckmäßiges Verkehrsmittel erkannt und ist anderseits auch zu der Überzeugung gelangt, daß die Ursache der Niederlage der Kanäle im Wettbewerbe mit den Eisenbahnen vornehmlich in der allmählich unzulänglich gewordenen Bauart der ersteren zu erblicken ist. Man ist deshalb bestrebt, die Leistungsfähigkeit der alten Kanäle durch Verbreiterung und Vertiefung ihres Wasserbettes sowie durch Vervollkommnung ihrer Schleusenanlagen zu erhöhen und neue Kanäle von vorneherein entsprechend diesen Grundsätzen auszuführen.

Außerordentlich bezeichnend ist in dieser Hinsicht der Beschluß des Binnenschiffahrtskongresses aus dem Jahre 1890, mit welchem erklärt wird, daß die Wasserstraßen infolge ihrer niedrigen Herstellungs- und Betriebskosten ein wertvolles Mittel für den Transport von Massengütern zu billigen Preisen bilden und der gleichzeitige Bestand und die gleichzeitige Entwickelung derselben neben den Eisenbahnen erwünscht ist, weil diese beiden Transportmittel sich ergänzen und jedes nach seiner besonderen Eigenschaft mit dem anderen zusammenwirken soll, und weil weiter die Entwickelung von Handel und Industrie, welche die unausbleibliche Folge der Verbesserung der Verkehrswege ist, schließlich gleichmäßig den Eisenbahnen und anderen Verkehrsstraßen zu gute kommt. In England wurde in jüngster Zeit der große Manchester-Schiffskanal erbaut, dessen Konzessionierung die Eisenbahnunternehmungen lebhaften und anfangs sehr erfolgreichen Widerstand entgegensetzten; wenn nun auch der Verkehr auf ihm ziemlich langsam — obwohl andauernd — wächst, und wenn auch die Reineinnahmen noch weit davon entfernt sind, die Zinsen der gesellschaftlichen Schuld zu decken[2]), so beginnen sich doch im allgemeinen in England die Erträgnisse der von den Eisenbahnen unabhängigen Kanalgesellschaften stetig zu verbessern. Frankreich begann zu Ende der siebziger Jahre thatkräftig mit der Instandsetzung der Kanäle durch Vertiefung des Wasserbettes auf 2,0 m und durch Einführung einer Normalschleuse; der Verkehr auf den Wasserstraßen stieg infolge dessen in dem Zeitraume von 1879—1888 um 57%, während der Güterverkehr auf den Eisenbahnen sich im gleichen Zeitraume um nur 12,3% hob; auch gelangte eine Reihe neuer Kanäle zur Herstellung. In Holland, Belgien, Italien und Rußland bestehen großartige Kanalprojekte, namentlich ist das letztere Reich bemüht, sein Wasserstraßennetz in jeder Beziehung zu vervollkommnen.

In Oesterreich-Ungarn, das etwa 230 km Kanalstrecken besitzt, wird seit nahezu 20 Jahren die Donau-Oder-Kanalfrage besprochen, ohne daß bisher ein entscheidender Schritt zu ihrer Lösung erfolgt wäre; auch für den Donau-Elbe-Kanal machen sich wieder befürwortende Stimmen geltend. Deutschland ist in gleicher Weise, wie auf den Ausbau der Eisenbahnen, auch auf jenen der Wasserstraßen bedacht; der Nord-Ostsee-Kanal, der Rhein-Ems-Kanal, der Oder-Spree-Kanal und eine größere Zahl von hervorragenden Kanalprojekten sind Beweise hierfür. Der Gesamtwasserverkehr in Deutschland hat von 1875—1885 um 66%, der gesamte

---

[2]) Vgl. „Railroad Gazette“ 1895, S. 665 u. Ztschr. f. Eisenb. u. Dampfsch. 1896, S. 404.

Eisenbahngüterverkehr um 10 % zugenommen, wobei sowohl hier wie dort der Längenzuwachs außer Betracht gelassen und nur die Steigerung des Verkehres berücksichtigt worden ist.

Solche Erscheinungen beweisen klar und entschieden, daß Wasserstraßen und Eisenbahnen gemeinsam dem stetig zunehmenden Verkehre zu dienen haben, und so hat sich denn allmählich aus dem Konkurrenzkampfe beider ein friedliches Zusammenwirken in gleicher Weise entwickelt, wie zwischen den Eisenbahnen und den Landstraßen. Die Eisenbahnen überlassen den Wasserstraßen jene Güter, die sich für diesen Verkehr hauptsächlich eignen, und übernehmen es, den Wechselverkehr zwischen den Wasserstraßen und den abseits von ihnen liegenden Gebieten in Bezug auf diese Güter zu vermitteln. An vielen schiffbaren Flüssen, wie auch an den Kanälen wurden sogenannte Umschlagplätze errichtet, in denen der Austausch der Güter zwischen Eisenbahn und Wasserstraße erfolgt, und die Eisenbahnunternehmungen selbst fördern den Umschlagsverkehr durch eigene Tarife und durch Erleichterungen des Betriebes und Transportes.

§ 3. Schnelligkeit und Billigkeit des Eisenbahnverkehres. — Seit der Erfindung der Buchdruckerkunst hat keine andere Erfindung so tief, nachhaltig und umwälzend in die gesamte Thätigkeit der Menschen eingegriffen und alle Lebensverhältnisse in den Kulturländern so gründlich umgestaltet und verändert, wie die Erfindung der Lokomotiveisenbahn, dieser innigen Verbindung des Schienenweges mit der fahrenden Dampfmaschine. Die Erfindung der Dampfmaschine an sich bezeichnet allerdings einen bedeutsamen Abschnitt in der Kulturgeschichte, und sie mußte auch jener der Eisenbahnen naturgemäß vorausgehen; aber die großartige Verbreitung, welche die Dampfmaschine bisher gefunden, und den mächtigen Einfluß, welchen sie auf die Größe der menschlichen Leistungsfähigkeit und die Güte der menschlichen Arbeit ausgeübt hat, konnte sie nur durch das Eisenbahnwesen erlangen, so daß dieses in seiner außerordentlichen Bedeutung noch hoch über jener steht.

Unter den Eigenschaften, welche den Eisenbahnen eine so hervorragende Einflußnahme verschafft und gesichert haben, ist in erster Linie die durch sie gebotene Möglichkeit rascher, billiger und mit großer Pünktlichkeit und Sicherheit sich vollziehender Massentransporte zu nennen; dies gilt sowohl rücksichtlich des Personen- als auch des Güterverkehres, und nichts vermag diese Aenderung der Verkehrsverhältnisse, die mit einer gewissen verblüffenden Schnelligkeit erfolgte, schärfer zu kennzeichnen, als Zahlenangaben über die Transport- und Reiseverhältnisse unmittelbar vor und nach den ersten Eisenbahnschöpfungen in den verschiedenen Ländern. In England, der Heimat des modernen Eisenbahnwesens, fuhren die alten „Diligencen“ mit einer Geschwindigkeit von 15—16 km in der Stunde und legten die Frachtwagen auf der Landstraße durchschnittlich 4 km in der gleichen Zeit zurück; die „Rocket“, Stephensons preisgekrönte Lokomotive (siehe § 8), entwickelte dagegen bei ihrer Probefahrt mit einem Zuge von etwa 20 t Gewicht eine stündliche Geschwindigkeit von rund 30 km, welche schon von ihren unmittelbaren Nachfolgern wesentlich überboten wurde. Der Fahrpreis in den Diligencen betrug durchschnittlich $4^1/_2$ Pence für die englische Meile, der Tarif für Güter im allgemeinen 11,1 Pence für die Tonne und Meile; die Liverpool-Manchester-Eisenbahn dagegen erhob für die englische Meile einen Fahrpreis von nur $1^1/_3$ Pence und hatte einen Tarif von 3,8 Pence für die Tonne; bei Massengütern, wie Kalk, Eisen und Kohle, stellte sich der Frachtsatz noch wesentlich geringer. — In Frankreich

erreichte die Personenbeförderung auf den Landstraßen kaum eine höhere Geschwindigkeit als 6 km, während die Personenzüge der ersten Eisenbahn schon mit 25 bis 30 km in der Stunde verkehrten; die Tarife der Landpost stellten sich auf 14 cts für das km, jene der Eisenbahn überschritten nicht 7 cts. Der Frachtsatz für Tonne und Kilometer betrug auf den Landstraßen durchschnittlich 30 cts bei gewöhnlicher, 44 cts bei beschleunigter Beförderung; auf der Eisenbahn aber nur 9 bis 10 cts. — In den deutschen Staaten waren die Verhältnisse sehr verschieden; die Eilposten erreichten unter besonders günstigen Verhältnissen Reisegeschwindigkeiten von durchschnittlich 10 km in der Stunde; die Personentarife schwankten zwischen 6 und 8 Sgr. für die Meile; die Fahrgeschwindigkeit auf den Eisenbahnen betrug in der ersten Zeit etwa 15 km, steigerte sich aber sehr bald auf das zwei- und dreifache; ihre Fahrpreise richteten sich nach den Posttaxen in der Weise, daß sie in der ersten Klasse denselben gleich, in der zweiten und dritten Klasse um 33, bezw. 60 % niedriger waren. Mit dem Güterverkehre war es vielfach infolge des mangelhaften Zustandes der Straßen sehr schlecht bestellt: auf den Straßen Westfalens z. B. konnte ein Pferd auf horizontaler Straße nur 18 Ctr. Nettolast befördern und in Oberschlesien waren bei ungünstiger Witterung ein Mann und zwei Pferde erforderlich, um 10 bis 12 Ctr. während 12 Stunden eine Strecke von 3 bis 4 Meilen unter Aufgebot aller Kräfte zu befördern; eine Fracht von Steinkohlen, welche im November 1834 von Gleiwitz aus auf dem Klodnitz-Kanal verladen worden war, erreichte ihren Bestimmungsort Breslau erst nach zweimaliger Ueberwinterung und Umladung auf kleinere Fahrzeuge im Herbst 1836.

Wenn auch der Betrieb der ersten Eisenbahnen im Anfange mancherlei Störungen erlitt, die uns heute fast lächerlich erscheinen[3]), so gelangte er doch bald in die richtigen Wege; schon in den vierziger Jahren nahm er jene Regelmäßigkeit und überhaupt jene Formen an, die zur Grundlage unserer heutigen Betriebsverhältnisse wurden. Die Eisenbahnfrachtsätze wechselten je nach der Höhe der Landfrachten und des zum Baue der Bahn verwendeten Anlagekapitals zwischen 3 und 6 ₰. (alt) für Centner und Meile, gegenüber dem Frachtsatze von 10 bis 18 ₰. für Centner und Meile auf den Landstraßen.

In Oesterreich hob die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, bekanntlich die erste Lokomotiveisenbahn in diesem Reiche, für die vier Klassen, die sie sofort einführte, den Fahrpreis von 18 krz., bezw. 12, 9 und 6 krz. Konv.-Münze für die Meile ein und blieb hiermit noch unter den Posttarifen, die für einen Innensitz mit 20 und für einen Außensitz mit 10 krz. Konv.-Münze für die Meile festgesetzt waren. Die Bahnfracht für Meile und Centner entsprach mit $1^2/_5$ bis $2^1/_2$ krz. Konv.-Münze zumeist dem niedrigsten Fuhrlohne auf den im Wettbewerb stehenden Straßenzügen, unterlag aber je nach dem Ausfalle der Ernte bedeutenden Schwankungen.

Noch viel großartiger zeigt sich die Vervollkommnung des Transportes, welche die Eisenbahnen durch die Verbilligung und Beschleunigung, durch die Erhöhung der Regelmäßigkeit und Sicherheit, sowie durch die Vermehrung des Verkehres geschaffen haben und noch stetig bewirken, wenn wir die gegenwärtigen Verhältnisse ins Auge fassen, wobei auch die Güte des Eisenbahnwesens nicht außer Acht

---

3) So blieb z. B. im Jahre 1838 ein von Potsdam nach Berlin fahrender Personenzug wegen Glatteis bei Zehlendorf liegen und wurde mittels Pferden nach Berlin befördert, wo er mit vierstündiger Verspätung anlangte.

gelassen werden darf. Die Einheitssätze der Eisenbahnen haben sowohl im Personen- als auch im Güterverkehre, und hier namentlich in Bezug auf die Massenartikel seit den vierziger Jahren eine beständige Ermäßigung erfahren, die gegenwärtig für gewisse Fälle bis 75 % und mehr beträgt. Auf den deutschen Eisenbahnen zahlte im Jahre 1893/4 eine Person für das km nur 2,97 Pf., d. i. etwas mehr als die Hälfte der ursprünglichen Durchschnittstaxe; die Fracht für Kohlen und andere minderwertige Massenartikel ist allmählich auf 1 Pf. für die Tonne herunter gegangen, d. i. auf den 18. Teil der vor der Eisenbahnzeit auf der Landstraße üblich gewesenen Frachtsätze[4]. In Oesterreich zahlte, zufolge der „Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im Handelsministerium" im Jahre 1894 eine Person durchschnittlich 3,06 Pf. und eine Tonne Gut 4,34 Pf. für das km. Auf den französischen Eisenbahnen, soweit dieselben im Betriebe der sechs großen Gesellschaften stehen, wurde im Jahre 1894 ein Reisender auf 1 km zum mittleren Preise von 3,2 Pf. und eine Tonne Gut auf 1 km zum Durchschnittssatze von 4,1 Pf. befördert.

Die Fahrgeschwindigkeit hat auf den Eisenbahnen wesentlich zugenommen. Die Schnellzüge fahren mit Geschwindigkeiten von 60—90 km, wobei aber das Bestreben obwaltet, dieselben noch bedeutend zu erhöhen, und wesentlich größere Schnelligkeiten auch jetzt schon öfters vorkommen; die Personenzüge erreichen Geschwindigkeiten bis zu 50 km, während die Güterzüge mit einer solchen von 20—30 km befördert werden, obgleich in den verschiedenen Staaten höhere Geschwindigkeiten (in Deutschland 45 km) für diese Züge zulässig sind. Für die Beurteilung der Leistung der einzelnen Länder in Bezug auf den Schnellverkehr gibt die nachstehende, dem „Archiv für Eisenbahnwesen" Jahrgang 1891 entnommene Uebersicht wertvolle Anhaltspunkte. Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit erscheint als der Quotient der gesamten verwendeten Fahrzeit in die zurückgelegten Schnellzugskilometer. Die englischen Bahnen sind hierbei nicht in Betracht genommen worden, weil die auf den Betrieb derselben einwirkenden Verhältnisse von jenen in den Staaten des Festlandes allzusehr abweichen.

Länder	Schnellzugs-kilometer	Gesamte verwendete Fahrzeit in Minuten	Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit in km für die Stunde
Norddeutschland	57 570,0	66 413	52,0
Niederlande	12 235,8	14 780	49,6
Frankreich	95 192,0	117 316	48,7
Belgien	12 977,0	16 127	48,3
Dänemark	1 606,6	2 086	46,6
Süddeutschland	31 408,5	40 600	46,4
Oesterreich-Ungarn	37 975,0	50 698	44,9
Italien	21 005,0	29 688	42,5
Rumänien	2 372,0	3 422	41,6
Rußland	25 733,2	41 498	37,3
Schweiz	10 190,0	16 829	36,3
Schweden	6 946,0	11 483	36,3
Norwegen	1 592,0	3 055	31,3

[4]) Zeitung d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1879, S. 1264.

Bei Beurteilung der aus dieser Tabelle ersichtlichen Verhältnisse darf nun allerdings nicht übersehen werden, daß die Gestaltung des Geländes, das die Bahnen durchziehen, also die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der letzteren von bedeutendem Einflusse auf die Fahrgeschwindigkeit sind und daß gerade diese Umstände als die vornehmsten Ursachen für die Rangordnung einzelner Länder, so Oesterreichs, Italiens und der Schweiz in der Zusammenstellung erscheinen.

§ 4. Pünktlichkeit und Sicherheit, Massenhaftigkeit und Güte des Eisenbahnverkehres. — Was Regelmäßigkeit und Sicherheit des Eisenbahnverkehres anbelangt, so wurde der hohe Grad von Vollkommenheit, der den heutigen Eisenbahnbetrieb auszeichnet, wohl nur allmählich erreicht. Noch im Jahre 1844 war — um nur ein Beispiel zu erwähnen — für die auf der Düsseldorf-Elberfelder Bahn zur Personenbeförderung dienenden gemischten Züge ein Größtwert für die Fahrzeit nicht vorgesehen, weil, wie es in dem Geschäftsberichte hieß, die auf der Fahrt eintretenden Hindernisse sich nicht voraussehen ließen; auch pflegte man fast allgemein selbst in den vierziger Jahren noch die Abfahrts- und Ankunftszeiten der Züge nur mit dem ausdrücklichen Vorbehalte eines Spielraumes von 10 bis 15 Minuten anzugeben. Mit der stetigen Erweiterung des Eisenbahnnetzes, namentlich infolge des Baues durchgehender Linien und Anschlußbahnen, wie auch mit der fortwährenden schnellen Zunahme des Verkehres und der rasch wachsenden Einflußnahme des Eisenbahnverkehres auf alle Lebensverhältnisse wuchs die Notwendigkeit einer streng geregelten und geradezu peinlich genauen Abwickelung des Betriebes, denn nur bei gewissenhafter Einhaltung der Fahrordnung ist es möglich, den Anschlußverkehr im Kleinen und Großen, d. i. im Bereiche engerer Gebiete, wie ganzer Kontinente zufriedenstellend zu bewirken und auch bei einem lebhaften Nahverkehre größere Störungen zu vermeiden. Der Postverkehr auf den Landstraßen erfolgte allerdings auch mit einer gewissen Regelmäßigkeit; er war aber von Zufälligkeiten aller Art und von der Witterung in hohem Maße abhängig; bei dem Güterverkehre lag die Sache noch ungünstiger und zwar schon insofern, als der Abgang des Transportes gewöhnlich erst dann erfolgte, wenn der Fuhrmann volle Ladung hatte. Jetzt kann der Eisenbahnreisende seine Ankunft am Reiseziele — und läge es auch noch so ferne — bis auf die Minute genau vorausbestimmen, und hinsichtlich der Güterbeförderung übernimmt die Eisenbahnverwaltung die Garantie für eine bestimmte Frist, innerhalb welcher das Gut an seinem Bestimmungsorte eingelangt sein muß. Störungen durch Unfälle oder Elementarereignisse gehören im allgemeinen zu den Seltenheiten, und wenn sie eintreten, gelingt es in der Regel außerordentlich rasch, die Unterbrechungen vollständig zu beheben oder doch durch zeitweilige besondere Einrichtungen an den Unfallstellen möglichst wenig empfindlich für den Verkehr werden zu lassen. Auch die Zugsverspätungen sind verhältnismäßig gering an Zahl und an Bedeutung. Die strenge Kontrolle, welche in dieser Hinsicht seitens der staatlichen Aufsichtsorgane in manchen Ländern des europäischen Festlandes geübt wird, ist von großem Einflusse, während in England und Amerika besonders der lebhafte Wettkampf zwischen den Eisenbahnen zur Erhöhung der Pünktlichkeit im Eisenbahnbetriebe beiträgt.

Die Sicherheit des Eisenbahnverkehres ist weitaus größer als jene des Landstraßenverkehrs. Es gilt dieser, von der Statistik erwiesene Ausspruch nicht allein bezüglich des Personen-, sondern auch rücksichtlich des Gütertransportes. Einzelne Unfälle, die gewöhnlich wegen der Zahl der Opfer und der Größe des Schadens,

wie namentlich auch durch ihre, Entsetzen erregenden Begleiterscheinungen weitreichendes Aufsehen verursachen, können an dieser Thatsache nichts ändern, denn die hierbei getöteten oder verletzten Reisenden bilden nur einen verschwindend kleinen Bruchteil der Gesamtzahl aller durch die Eisenbahnen beförderten Personen, wie auch der Schaden an Waren nur einen ganz geringen Teil aller transportierten Güter betrifft. Zur näheren Beleuchtung der im allgemeinen großen Sicherheit des Eisenbahnverkehres mögen nachfolgende Mitteilungen dienen. Auf den normalspurigen Eisenbahnen Deutschlands betrug in dem Zeitraume von 1881 bis 1890 die Zahl der getöteten Reisenden 358, der verletzten Reisenden 1425; im Jahre 1881 kam ein Unglücksfall mit tötlichem Ausgange auf 8333333, eine Verletzung auf 1562500 Reisende; im Jahre 1890 entfiel, wenn von Bahnbediensteten und fremden Personen abgesehen wird, ein Toter auf 9090909, ein Verletzter auf 2173913 Reisende. In Oesterreich wurden in dem Zeitraume von 1878—1892 im ganzen 87 Reisende getötet und 813 Reisende verletzt; es kam je eine Tötung auf 9439869 und je eine Verletzung auf 1018168 Reisende. Auf den englischen Eisenbahnen entfällt nach L. Francke ein getöteter Reisender auf rund 50 Millionen und ein Verletzter auf rund 4 Mill. Reisende. Diese Zahlen sind vielleicht etwas zu günstig gegriffen; immerhin aber bleibt es unbestritten, dass der Straßenverkehr in London oder in anderen großen Städten weit mehr Opfer fordert, als der lebhafteste Eisenbahnverkehr.

Die Vermehrung des Verkehres durch die Eisenbahnen bedarf kaum besonderer Erwähnung, so sehr ist die Erkenntnis dieser ihrer Wirkung schon zum allgemeinen Bewußtsein geworden; dennoch mögen Wenige sich vollkommen klar sein über die Größe des Gegensatzes zwischen den Verhältnissen der Gegenwart und jenen vor oder auch noch bei Beginn des Zeitalters der Eisenbahnen. Einige statistische Mitteilungen werden den bedeutenden Unterschied kennzeichnen. Der Verkehr auf den preußischen Bahnen betrug im Jahre 1841, als das Bahnnetz 214,4 km umfasste, rund 1200000 Personen, im Jahre 1860 bei einer Länge der Eisenbahnen von 5389,4 km bereits 21641083 und im Jahre 1890 über 274733883 Personen, so daß im letzteren Zeitraume für 1 km Eisenbahn 11000 Personen zur Beförderung gelangten. Vor Eröffnung der Eisenbahnen bestanden nur einige tägliche Postverbindungen zwischen den großen Städten, die vielfach wenig benutzt wurden. So waren die Postkutschen zwischen Berlin und Potsdam sehr selten besetzt, während schon im ersten Jahre nach Eröffnung der Eisenbahn 583000 Personen die letztere benutzten. Zwischen Nürnberg und Fürth verkehrten im Jahre 1833 zu Wagen 180000, im Jahre 1838 auf der Eisenbahn über 500000 Personen.

Nach einer Zusammenstellung im „Archiv f. Eisenbahnwesen“ (1894) wurden im Jahre 1892 auf den 42964 km langen Bahnen Deutschlands 488,2, auf den 32703 km langen Bahnen Englands 864,4 und auf den 38423 km langen Bahnen Frankreichs 305,2 Millionen Personen befördert. Der Güterverkehr bezifferte sich in demselben Jahre auf 230,9 Mill. Tonnen in Deutschland, 314,6 Mill. Tonnen in England und 106,2 Mill. Tonnen in Frankreich; halten wir hiergegen die Verkehrsdaten aus dem Anfange der vierziger Jahre, so zeigt sich ein gewaltiger Unterschied: die Post in Frankreich beförderte durchschnittlich 710000 Reisende in einem Jahre und der Verkehr auf den Landstraßen betrug im Jahresmittel 5 Milliarden Tonnenkilometer, wogegen die sechs großen französischen Eisenbahngesellschaften allein im Jahre 1889 einen Güterverkehr von weit über 11 Milliarden Tonnenkilometer

auswiesen. In England betrug der Postkutschenverkehr im Jahre 1834 rund 31 Mill. Reisende.

Was schließlich die Güte des Eisenbahnverkehres anbelangt, so hat auch diese in außergewöhnlicher Weise zugenommen. Die ersten Personenwagen der Eisenbahnen waren den unbequemen Postkutschen nachgeahmt oder bestanden aus Plattformwagen mit Sitzen, wobei die Reisenden dem Funkenfluge und allen Unbilden der Witterung preisgegeben waren[5]. Die allmählichen Verbesserungen in der Bauart der Wagen bezweckten, den Reisenden größere Bequemlichkeit und Sicherheit zu gewähren und haben heute zu einer Ausstattung geführt, die mitunter alle berechtigten Ansprüche an Bequemlichkeit übersteigt und den Anschein überflüssiger Pracht gewinnt. Diese Thatsache kommt in dem Umstande zum Ausdruck, daß das Gewicht der Personenwagen für den internationalen Verkehr oder für ganz besondere Züge schon auf 1,6 t und darüber, auf den Fahrgast ausgeschlagen, gestiegen ist. Aber auch hinsichtlich der Güterbeförderung steht der Eisenbahnverkehr auf einer entschieden höheren Stufe der Güte, als der Landstraßenverkehr. Der Schutz der Güter gegen die Einflüsse der Witterung ist größer, ihre Lagerung und Bergung sind besser und die Erschütterung derselben ist geringer.

§ 5. Wirkungen der durch die Eisenbahnen herbeigeführten Transportvervollkommnung. — Vermöge der in den vorausgehenden Paragraphen erörterten Eigenschaften und bei ihrer Ueberlegenheit gegenüber den Land- und Wasserstraßen hinsichtlich der Beförderung von Personen und Gütern, namentlich auf weitere Entfernungen hin, haben die Eisenbahnen in dem kurzen Zeitraume eines halben Jahrhunderts Handel und Verkehr in außergewöhnlicher Weise umgewandelt und ausgebildet; sie haben auf das ganze Wirtschaftsleben der Erde eine tiefgehende und nutzbringende Wirkung ausgeübt, sie sind in politischer und sozialer Beziehung nicht ohne wesentlichen Einfluß geblieben, haben sich als ein unschätzbares Bildungs- und Erziehungsmittel erwiesen und für die moderne Kriegführung ganz neue Bedingungen geschaffen. Es lohnt sich, auf diese Verhältnisse mit einigen Worten näher einzugehen.

Die unmittelbare Wirkung der durch die Eisenbahnen ermöglichten raschen und billigen Massenbeförderung war die Steigerung der Massenerzeugung einerseits und des Massenverbrauches andererseits; zahlreiche Güter wurden jetzt erst transportfähig, geringwertigen Gütern erschloß sich ein größeres Absatzgebiet, hochwertige Güter fanden bei dem geringen Transportpreise nicht mehr einen, ihre Absatzfähigkeit beschränkenden Faktor. Die Roherzeugnisse rückten in den Kreis der Handelserzeugnisse vor, die Kunsterzeugnisse traten in lebhaften, erweiterten Wettbewerb. Die Beförderungskosten waren bei den Eisenbahnen nicht mehr von Zufälligkeiten abhängig. Der Verfrachter der Güter brauchte nicht mehr fallweise, wie bei dem Straßen- und Wassertransporte, die Frachtpreise unter dem Eindrucke der Menge der zu befördernden Waren, der Zahl der Fuhrwerke u. dgl. m. zu vereinbaren, die Frachtsätze waren von vornherein festgesetzt; infolge dieser Umstände gewannen die Verkaufspreise der Güter an Festigkeit und regelten sich über die weitesten Gebiete, über ganze Länder und Erdteile, wozu auch der Umstand in hohem Grade beitrug, dass die Eisenbahnen zwischen Bedarf und Ueberfluß sowohl an Gütern wie an Arbeitskräften auf große Entfernungen hin einen viel rascheren und sicheren Ausgleich herbeiführten, als dies je zuvor auch nur annähernd möglich war.

---

5) Moltke's Briefe an seine Braut aus dem Jahre 1841 über eine Fahrt von Magdeburg nach Leipzig.

Diese Wirkungen der Eisenbahnen gestalteten sich noch kräftiger durch den Umstand, daß Bau und Betrieb der Eisenbahnen selbst den Bedarf an gewissen Rohprodukten und Industrieerzeugnissen wesentlich steigerten; hier sind in erster Linie Eisen, Holz, Kohle, Bausteine, Oel zu nennen — doch blieb und bleibt namentlich heute fast kein Industriezweig von den Eigenbedürfnissen der Eisenbahnen unberührt. Auch wurden neue Berufszweige geschaffen, neue Quellen für Verdienst und Arbeit erschlossen.

So sehen wir also infolge der allgemeinen Einführung der Eisenbahnen die gesamte produktive Thätigkeit in großartiger Weise sich erweitern und ausdehnen.. Die Landwirtschaft hat vor allem eine größere Absatzfähigkeit ihrer Produkte gewonnen; Bedarf und Ueberschuß an solchen werden auf die weitesten Entfernungen hin ausgeglichen, örtliche Notstände sind in den Eisenbahnländern fast ganz beseitigt; Gemüse und Obst haben sich den Weltmarkt erobert, Fleisch, Eier, Butter, Milch nehmen ihren Weg nach fernen Gegenden. Aber auch die Verbesserung des Bodens ist dem Landwirte durch billigen Bezug von Dungstoffen wesentlich erleichtert. Einen mächtigen Aufschwung hat der Bergbau genommen; wir dürfen, die Ursache erwägend, hierbei nicht allein an die gewaltige Steigerung des Kohlen- und Eisenverbrauches durch die Eisenbahn selbst denken, sondern müssen uns auch vor Augen halten, daß erst durch den Eisenbahntransport die heute einzig dastehende weitgehende Anwendung der Steinkohlen und Erze für Industrie und Gewerbe ermöglicht wurde. Friedrich der Große mußte noch die Verwendung der Steinkohlen zu Fabrikzwecken durch besondere Belohnungen, die zwischen 50 und 400 Thaler schwankten, anregen; im Jahre 1840 betrug die Steinkohlengewinnung in den Revieren von Saarbrücken, Aachen, der Ruhr, Nieder- und Oberschlesiens 2448201 t, im Jahre 1890 war sie auf 63419099 t gestiegen.

Den Aufschwung auf dem Gebiete der Industrie förderten hauptsächlich die billigen Transportpreise, vor allem der billige Bezug der Brennstoffe, der Hilfsmaterialien und der zur Verarbeitung dienenden Stoffe. Die Industrie ist nicht mehr darauf angewiesen, in der unmittelbaren Nähe der Rohstoffgewinnungsplätze zu verbleiben; sie kann ihre Heimstätte nach der leichteren Beschaffung der Arbeits- und Betriebskräfte, nach der Eignung des Absatzmarktes u. s. w. nahezu unbeschränkt wählen; die Massenerzeugung, die Arbeit auf Vorrat, der Betrieb im großen sind ermöglicht und vorteilhaft. Die Großindustrie, welche an Stelle der Handarbeit die Maschinenarbeit setzt, gewinnt an Bedeutung und Macht; die Arbeitsteilung, die Spezialisierung der Industrie erweitert sich immer mehr und vervollkommnet in rascher Weise die einzelnen Zweige; neue Industrien (z. B. die Herstellung von Reisebüchern, Veranstaltung von Reiseunternehmungen, Hotelbetrieb auf Eisenbahnen u. s. w.) haben sich gebildet und entwickelt.

Die Steigerung der Rohproduktion, sowie die Förderung der Industrie einerseits und die Erleichterung des persönlichen und schriftlichen Verkehres andererseits haben auch den Handel zu ungeahnter Blüte emporgehoben. Die weitgehende Ausbildung des Postwesens in Hinsicht auf Beförderung von Briefen und Packeten, sowie auf den durch die Post vermittelten Nachrichten- und Geldverkehr ist durch die Eisenbahnen unabweislich angeregt und überhaupt ermöglicht worden. Die heute für die Einrichtung der Post im allgemeinen geltenden Grundsätze sind zwar schon vor Einführung der Eisenbahnen — zuerst in Preußen durch den großen Kurfürsten — festgestellt und als Richtschnur für die weitere Ausgestaltung genommen

worden; mit der Einführung der Eisenbahnen aber gewann das Postwesen insofern eine neue Gestalt, als nunmehr nach und nach der Postverkehr auf die Eisenbahnen überging, die ihn teils ohne Entgelt, teils gegen eine, die Selbstkosten nicht erreichende Entschädigung besorgen; so übersteigen z. B. in Preußen die Selbstkosten der von den Staatseisenbahnen im Interesse der Post bewirkten Leistungen den von dieser vergüteten Betrag um mehr als das Doppelte. Das Porto für einen einfachen Brief betrug in Preußen vor Eröffnung der Eisenbahnen vom Jahre 1825 an bis 2 Meilen 1 Sgr., für 4—10 Meilen 2 Sgr., für 10—15 Meilen 3 Sgr. u. s. w. und kam für die weiteste Entfernung auf 19 Sgr. Schon nach Eröffnung der Eisenbahnen wurde das Briefporto ermäßigt; die höchste Taxe sank auf 6 Sgr.; nach wiederholter Verminderung wurden endlich durch den Vertrag von Bern (1874) die heute geltenden überaus mäßigen Tarife geschaffen. Die Zahl der portopflichtigen Briefe betrug in Preußen im Jahre 1840 rund 23, im Jahre 1850 schon 46 Millionen, während die deutsche Reichspost im Jahre 1892 etwa 3 Milliarden Sendungen beförderte. An Postpacketen übernahm die deutsche Reichspost im Jahre 1883 74 Millionen Stück zur Beförderung; in den übrigen Ländern des Weltpostvereins, in denen die günstigen Bedingungen für den Postpacketverkehr nicht bestehen, erreichte dieser zusammen 52 Millionen Stück.

Durch die Ermöglichung rascher Massentransporte hat das Eisenbahnwesen auch eine so große militärische Bedeutung erlangt, daß die Rücksichtnahme auf militärische Interessen heute bei dem Baue und Betriebe von Eisenbahnen fast in erster Linie steht, ja sogar viele Bahnen nur im Hinblick auf militärische Rücksichten geschaffen werden. Die Eisenbahnen vermitteln die rasche Zusammenziehung der Truppen an wichtigen Punkten, sie machen selbst die gewaltigsten Heere leicht beweglich und sichern ihnen die notwendige Pünktlichkeit der Verpflegung; erst durch die Einführung der Eisenbahnen ist das Aufgebot jener ungeheuren Menschenmassen, mit denen die modernen Kriege geführt werden, in das Gebiet der Möglichkeit gerückt worden.

Der deutsch-französische Krieg in den Jahren 1870—71 hat die Bedeutung der Eisenbahnen für die Durchführung eines Feldzuges um so deutlicher dargelegt, als die beiden Gegner in der Organisation des Eisenbahnwesens für Kriegszwecke auf sehr verschiedener Stufe der Entwickelung und des Fortschrittes standen. Den deutschen Truppen waren zum Aufmarsche nach der Grenze 9 Linien, dem französischen Heere nur 3 Linien mit zum Teile eingleisigem Oberbau zur Verfügung[6]).

Nach den Ergebnissen der Statistik wurden in der Zeit vom 24. Juli bis 3. August 1870 deutscherseits in rund 1200 Zügen 350000 Mann, 87000 Pferde, 8400 Geschütze und Fahrzeuge an die Grenze befördert und dabei die einzelnen Linien täglich mit 12 bis 18 Zügen von 60 bis 100 Achsen belastet. Hierbei ist wohl zu berücksichtigen, daß das damalige bunte Durcheinanderlaufen von Privat- und Staatsbahnlinien bedeutende administrative und technische Schwierigkeiten bereitete. In Frankreich war der ungestörte Aufmarsch nicht möglich, weil es an einer Organisation für Militärtransporte mangelte und die Ausrüstung der Nebenbahnen sich als unzulänglich erwies; der letztere Umstand machte sich namentlich

[6]) Im Jahre 1890 besaß Frankreich schon 9 fast durchaus zweigleisige, nach der Ostgrenze führende Eisenbahnlinien, wie überhaupt das gegenwärtige Bahnnetz Frankreichs infolge der in den Jahren 1870—71 gemachten Erfahrungen den militärischen Interessen vollkommen angepaßt erscheint.

dann sehr unangenehm bemerkbar, als die militärisch am besten ausgerüsteten Linien zum Teil in die Hände des deutschen Heeres gefallen und die Nebenlinien den nun an sie herantretenden Leistungen nicht gewachsen waren. Welche Bedeutung aber die Eisenbahnen für eine siegreich vordringende Armee besitzen, geht aus der Thatsache hervor, daß für die Gewinnung der Linie Reims-Mézières-Diedenhofen-Metz-Saarbrücken die Belagerung der Festungen Soissons, La Fère, Mézières, Diedenhofen und Montmédy ausschließlich zu diesem Zwecke kein zu großes Opfer schien und daß im Jura Eisenbahnlinien unter Aufbietung aller Kräfte hergestellt und betrieben wurden. In einem zukünftigen Kriege dürften Umgebungseisenbahnen, wie eine solche im Jahre 1870 bei Metz in einer Länge von 30 km erbaut wurde, in erhöhtem Maße zur Anwendung gelangen, da zahlreiche Sperrbefestigungen wichtiger Eisenbahnlinien die Ausnützung der letzteren unmöglich machen werden.

Die Verbesserung der Verkehrsmittel infolge Einführung der Eisenbahnen ist auch in staatlicher und sozialer Beziehung nicht ohne Einfluß geblieben. Das Staatsbewußtsein, das Gefühl der Zusammengehörigkeit selbst der am weitesten entfernt liegenden Provinzen eines Staates wird durch Erleichterung des gegenseitigen Verkehres, durch das Hinstreben der Eisenbahnlinien nach dem Mittelpunkte, nach der Hauptstadt des Reiches, geweckt und gefördert. Sprache, Sitte und Trachten gleichen sich mehr und mehr aus und verlieren ihre, Sondergefühle nährende Eigenschaft. Die Staatsregierung gewinnt einen raschen und nachhaltigen, mehr persönlichen Einfluß bei der Ausübung der ihr zustehenden Gewalt auch in den fernsten Bezirken. Die Steuerkraft des Landes wird erhöht und die Eisenbahnen selbst werden zu bedeutenden Einnahmsquellen für den Staat, nicht zum wenigsten durch die ihnen auferlegten Leistungen für öffentliche Zwecke. Die einzelnen Staaten sind im Zeitalter der Eisenbahnen einander näher getreten, politische und nationale Gegensätze wurden vermindert und internationale Vereinbarungen von größter Tragweite für das Wirtschaftsleben aller Kulturvölker, beispielsweise bezüglich der Münzen, Maße und Gewichte, der Post u. s. w., getroffen. Sehr richtig bemerkt Sax, daß die Eisenbahnen die Anlässe zu Kriegen sicherlich vermindern.

In sozialer Beziehung erscheint die Ermöglichung der freien Bewegung auch für die unteren, ärmsten Klassen der Bevölkerung als die wichtigste Folge der Einführung der Eisenbahnen. Der Arbeiter ist nicht mehr so unlösbar wie in früheren Zeiten an die Scholle gebunden, er kann den Erwerb dort suchen, wo er seine Arbeitskraft am besten verwerten kann, wo ein Bedarf nach derselben, sowie nach seinen etwaigen besonderen Kenntnissen oder Leistungen vorhanden ist. Auch eine Verbesserung der Wohnungsverhältnisse für die ärmeren Volksklassen ist mit Hilfe der Eisenbahnen möglich geworden. Die Eisenbahnen, diese „demokratischen“ Verkehrsmittel, haben die schroffen Gegensätze zwischen den einzelnen Ständen beseitigt, sie haben den Kastengeist gemildert und auch in den untersten Schichten der Bevölkerung das Bewußtsein ihrer Daseinsberechtigung und ihres Rechtes auf Berücksichtigung im staatlichen und sozialen Leben wachgerufen.

§ 6. Wirkungen der Eisenbahnen. Fortsetzung. — Wie auf die Entwickelung des wirtschaftlichen, des staatlichen und sozialen Lebens, so haben die Eisenbahnen auch auf jene der Wissenschaften und Künste einen mächtigen Einfluß ausgeübt und zwar nicht allein durch die von ihnen bewirkte Verbesserung des Verkehres, wodurch Studienreisen, Kongresse aller Art, Ausstellungen u. s. w. erleichtert und ermöglicht wurden, sondern vielfach auch durch die Neuartigkeit

ihrer Erscheinung, durch die vielen eigenen Anforderungen und Bedürfnisse und die ungewöhnlichen Verhältnisse, welche durch die Anlage und den Betrieb der Eisenbahnen geschaffen wurden. Am großartigsten zeigt sich dieser Einfluss in der Blüte der Ingenieurwissenschaften und aller mit diesen zusammenhängenden und verwandten Disziplinen; der Bau- und Maschinentechnik, wie auch der Hüttentechnik erwuchs eine Fülle neuer Aufgaben; der Brückenbau entwickelte sich in rascher Weise und für die theoretischen Fächer entstand eine Reihe wichtiger Fragen, die zu steten neuen Forschungen und zur Erweiterung des technischen Gesichtskreises führten. Die Elektrotechnik ist im wahrsten Sinne des Wortes ein Kind der Eisenbahnzeit; erst unter dem mächtigen Drucke des Eisenbahnbetriebes, der zu seiner Sicherung einer Kraft bedurfte, welche auch die am schnellsten vorwärts eilende Dampfmaschine an Geschwindigkeit übertrifft und ihre Wirkung nicht bloß am Punkte ihrer Erzeugung, sondern auch auf weite Entfernungen hin äußert, ist die Elektrotechnik aus ihren ängstlichen Anfängen herausgetreten und hat sie sich in jener großartigen Weise entwickelt, welche selbst den Fachmann mit Bewunderung erfüllen muss.

In gesundheitlicher Beziehung bietet der Eisenbahnbetrieb viele neuartige Momente, welche die Ausbildung der medizinischen Wissenschaften gefördert haben und auch fernerhin noch von Bedeutung bleiben werden. Die Rückwirkung ist allerdings zumeist keine unmittelbare, wie z. B. bei den technischen Wissenschaften; sie ist mehr oder weniger eine mittelbare insofern, als der Eisenbahnverkehr die allgemeinen Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung, sowie auch die Gesundheit des Einzelnen, namentlich des mit der Ausübung des Verkehrsdienstes betrauten Personals nicht unberührt läßt und so zu neuen Forschungen und Studien Veranlassung giebt; die Gefahr der Verbreitung von Krankheiten ist größer geworden und kann nur durch energische, früher nicht gekannte Hilfs- und Schutzmittel abgewendet werden; die Reisenden leiden unter den Einwirkungen der Fahrt und ihrer vielen, die regelmäßige Thätigkeit aller Organe beeinträchtigenden Erscheinungen, während die Eisenbahnbediensteten je nach dem ihnen obliegenden besonderen Berufe, wie Lokomotivdienst, Stationsdienst, Zugsbegleitungsdienst u. s. w. besonderen, sich allmählich entwickelnden oder plötzlich auftretenden Erkrankungen unterworfen sind. Wir verdanken den billigeren Bezug fremdländischer Arzneimittel, die hierdurch erst eine allgemeinere Verwendung finden konnten und die Behandlung gewisser Krankheiten in neue Bahnen lenkten, vornehmlich den Eisenbahnen, die übrigens auch ermöglichten, manche epidemisch auftretende Krankheiten am Orte ihres Entstehens aufzusuchen, zu studieren und mehr oder weniger erfolgreich zu bekämpfen.

Die Geographie erfuhr durch die Erleichterung des Reisens in ferne Länder eine erfreuliche Bereicherung und Vertiefung; die Verbreitung geographischer und ethnographischer Kenntnisse wurde eine allgemeinere; die Reiselust steigerte sich, das Touristenwesen nahm einen lebhaften Aufschwung, die Alpenwelt wurde den weitesten Kreisen erschlossen. Hand in Hand hiermit ging die Ausbildung des Wissens auf dem naturgeschichtlichen und naturwissenschaftlichen Gebiete. Auch die Weltgeschichte wurde durch die Eisenbahnen in ihrer Ausgestaltung begünstigt, insofern das Quellenstudium durch den erleichterten Verkehr ebenfalls erleichtert wurde. Die Statistik ist erst im Zeitalter der Eisenbahnen zu einer Wissenschaft geworden; auch Gesetzgebung und Rechtslehre fanden sich mit der Entwickelung der Eisenbahnen vor immer neue, wichtige Aufgaben gestellt.

Ursprünglich wurden die Eisenbahnen im Hinblick auf die Gesetzgebung und überhaupt alle juridischen Fragen wie die Landstraßen, und demgemäß auch die Frachtgeschäfte nach den Bestimmungen für gewöhnliche Frachtfuhren behandelt. Aber die besondere Stellung der Eisenbahnen im Wirtschaftsleben und die eigentümlichen Rechtsverhältnisse derselben drängten bald zu besonderen gesetzlichen Bestimmungen über Konzessionierung, über Enteignung von Grund und Boden, über Handhabung der staatlichen Aufsicht u. s. w.; auch die einzelnen Staaten begegneten sich auf dem Gebiete der Eisenbahngesetzgebung in mancherlei gleichen Bestrebungen, die zu dem Abschlusse internationaler Eisenbahnverträge führten.

Der Volkswirtschaftslehre erwuchsen nach dem Auftreten der Eisenbahnen ganz neue Aufgaben. Mit unwiderstehlicher Gewalt drangen die Eisenbahnen umgestaltend in das gesamte wirtschaftliche Leben ein; sie schufen neue Grundlagen für dessen Abwickelung, bewirkten in allen seinen Verhältnissen vielfach jäh, oder doch mit verblüffender Raschheit sich folgende Veränderungen und führten zu ganz entschiedenen Verschiebungen des Verkehres. Die Fragen, ob der Bau von Eisenbahnen dem Staate vorbehalten oder den Privaten überlassen werden solle, ob der Staat die letzteren zu unterstützen habe oder nicht, ob es zweckmäßiger sei, den Betrieb in den Händen des Staates oder der Privaten zu belassen, beschäftigen noch heute, obgleich dieselben schon in einigen Staaten endgiltig entschieden sind, Politiker und Volkswirte und zeitigen auf den besonderen Schaffensgebieten Beider manchen wertvollen Gedanken und manche fruchtbare Anregung.

Es hieße die Bedeutung der Eisenbahnen nur einseitig würdigen, wenn nicht auch jener Einflüsse und Wirkungen gedacht würde, welche vielfach als ungünstige für die Entwickelung des Kulturlebens bezeichnet werden und von einigen Schriftstellern in den Anfangszeiten des Eisenbahnwesens sogar als solche Erscheinungen gekennzeichnet wurden, die gegen die Ausführung und Verbreitung der Eisenbahnen sprechen. Es erscheint nicht zweifellos richtig, von ungünstigen Eigenschaften, von Nachteilen der Eisenbahnen zu sprechen, denn diese können nur in gewisser Beziehung als solche bezeichnet werden, d. h. diese Wirkungen der Eisenbahnen zeigen sich nachteilig nur in Rücksicht auf das schon Errungene, Bestehende und Gebräuchliche, nicht aber im Hinblick auf das zu Erringende, Kommende und Neuartige. Ob das Festhalten am Alten oder das Erringen des Neuen für den Fortschritt der menschlichen Kultur geeigneter und besser gewesen wäre — das zu beurteilen steht erst der Zukunft bevor, welcher die ferneren Wirkungen nicht mehr fremd oder unklar sein werden, wie sie es der Gegenwart sind.

Als ein wesentlicher Nachteil der Eisenbahnen wird die Verschiebung des Verkehres bezeichnet, welche der Beschränktheit ihrer Anlage, der Abhängigkeit vom Schienenwege entspricht und sich in der allmählichen Verarmung der vom Eisenbahnnetze ausgeschlossenen Gegenden am schärfsten ausprägt. Diese Folgewirkung wird, wenn man nur die Allgemeinheit im Auge behält, in überwiegendem Maße durch den zunehmenden Wohlstand und Reichtum der von den Schienenwegen durchzogenen Landstriche wieder ausgeglichen. Daß einzelne Gegenden durch den Bau von Eisenbahnen leiden, ebenso wie einzelne Personen genötigt werden, neue Erwerbszweige zu suchen, oder in Not geraten, kann nicht von vornherein als ein Uebelstand bezeichnet werden. Uebrigens bringt der in letzterer Zeit lebhaft geförderte Bau einfacher, billiger Bahnen mit einfachem, billigem Betriebe auch in dieser Hinsicht wieder Veränderungen der wirtschaftlichen Verhältnisse hervor, die

wohl nicht so grell zu Tage treten, wie bei Hauptbahnen, immerhin aber recht fühlbar werden können. Solche Erscheinungen lassen sich jedoch im Wechsellaufe der kulturellen Entwickelung einfach nicht vermeiden.

Auch das mit einzelnen unleugbaren Schattenseiten verbundene Anwachsen der großen Städte, welches die Eisenbahnen begünstigen und fördern, kann nicht unbedingt als eine nachteilige Wirkung der letzteren hingestellt werden. Diese großen Städte sind die Mittelpunkte alles geistig regen Lebens, der Industrie und des Handels, sie sind die großen Abnehmer der Erzeugnisse des „flachen Landes", das ohne ihren Bestand mit wesentlich ungünstigeren Umständen zu rechnen hätte; in den großen Städten ist die Quelle des für viele Länder so ergiebigen Touristenwesens, denn die in ihren Häusern zusammengedrängte Bevölkerung fühlt mehr als jede andere das Bedürfnis nach der erquickenden Luft der Berge und Wälder. Die großen Städte sind nicht mehr, wie einst, die Brutherde verheerender Krankheiten, seit es gelungen ist, deren Entstehung und Verbreitung in wirksamer Weise zu verhüten; es stehen also den Vorteilen der Anhäufung großer Bevölkerungsmassen nicht mehr jene bedeutenden Nachteile gegenüber, welche eine Verurteilung der Eisenbahnen von diesem Standpunkte aus rechtfertigen würden.

Mit Vorliebe wird auf die durch die Eisenbahnen geweckte und gepflegte Reiselust als die Ursache der Unstetigkeit, der Unruhe und des Kosmopolitismus hingewiesen. In der That, unser Zeitalter trägt den Stempel der Hastigkeit, der Nervosität, einer gewissen Unruhe in allem Thun an sich; aber es darf diese Erscheinung wohl noch nicht als die endgiltige Wirkung der Eisenbahnen aufgefaßt werden, sie ist vielmehr eine Folge der sich auf allen Gebieten vollziehenden Umwandlungen und wird schließlich eine Gestaltung annehmen, die vielleicht nichts weniger als einen Nachteil der Eisenbahnen darstellt.

Man sagt, daß die Eisenbahnen das internationale Hochstaplerwesen geschaffen, daß sie die schnelle Fortpflanzung ansteckender Krankheiten ermöglichen. Bieten aber nicht auch die Eisenbahnen die Mittel zur raschen Verfolgung und Dingfestmachung der Gauner? Gewähren sie nicht — wie schon angedeutet wurde — in der leichten und schnellen Entsendung von Aerzten und Hilfsmitteln die erfolgreiche Bekämpfung der Seuchen an ihren Entstehungsorten und in den von ihnen ergriffenen Gegenden, noch ehe die Seuchen ihre verheerende Wanderung antreten? Gerade im Zeitalter der Eisenbahnen können internationale Betrüger, wie sie frühere Jahrhunderte kannten, nicht mehr auftauchen, und gerade im Zeitalter der Eisenbahnen ist der Kampf gegen die Cholera ein erfolgreicher gewesen.

Zum Schlusse der Ausführungen über die Bedeutung der Eisenbahnen sei es noch gestattet, mit wenigen Worten jener wissenschaftlichen Bestrebungen zu gedenken, welche den Einfluß der Eisenbahnen auf die Erhöhung des Volkswohlstandes in Ziffern auszudrücken suchen. Es ist klar, dass die Herabsetzung des Fahrpreises und des Frachtsatzes und die dadurch wachgerufene Steigerung des Verkehres den Volkswohlstand in außerordentlichem Grade erhöhen mußten. Man bezeichnet die Summe, welche durch diese Verbilligung und Steigerung des Verkehres auf den Eisenbahnen gegenüber den Landstraßen für das allgemeine Wirtschaftsleben gewonnen wurde, als den gemeinwirtschaftlichen Nutzen der Eisenbahnen. Seine Berechnung kann sich bei der großen Unbestimmtheit der in Betracht kommenden Faktoren natürlich nur in großen Umrissen bewegen.

In einfacher Weise und mit befriedigender Genauigkeit löst Launhardt die interessante Frage[7]. Er nimmt das arithmetische Mittel aus dem jetzt auf den Eisenbahnen an der geleisteten Einheit (Tonnen- bezw. Personenkilometer) erreichten Betriebsüberschusse $\ddot{U}$ und aus dem Unterschiede zwischen den Betriebskosten auf Eisenbahnen B_e und Landstraßen B_s, und multipliziert diese Größe $\frac{\ddot{U} + (B_e - B_s)}{2}$ mit der von den Eisenbahnen geleisteten Verkehrsmenge. Hiernach ermittelt er an der Hand der Betriebsergebnisse des Jahres 1891 den gemeinwirtschaftlichen Reingewinn der deutschen Eisenbahnen in diesem Jahre mit 2000 Millionen Mark. Dieser Nutzen der Eisenbahnen gelangt zum Ausdrucke in der Höhe der Grundrente, in der gesteigerten Ausbeute der mineralischen Bodenschätze, in dem Geschäfts- und Unternehmergewinne der zahlreichen, erst durch die Eisenbahnen geweckten oder doch wesentlich geförderten Unternehmungen, in der erheblichen Zunahme des Jahreseinkommens der Bevölkerung, in der Ermäßigung des Preises und des dadurch bewirkten größeren Umsatzes vieler wirtschaftlichen Güter.

§ 7. Geschichtliche Entwickelung der Spurbahnen. — Der Ursprung der Eisenbahnen, d. i. der eigentlichen Spurstraßen, ist in den deutschen Bergwerken zu suchen. Er steht in keiner Beziehung zu jenen steinernen Gleisbahnen, welche auf den antiken Straßen Griechenlands bestanden, mit dem Niedergange des hellenischen Volkes aber allmählich und vollständig verschwunden sind und erst in der Neuzeit wieder entdeckt wurden. Die einfachen Holzbahnen, welche in den Stollen der deutschen Bergwerke die Beförderung der Kohlen und Erze vermittelten, waren das Ergebnis langjähriger Erfahrungen, Beobachtungen und Versuche der thätigen, werkerfahrenen Kunstmeister, welche bemüht waren, die Fortschaffung der „Hunde“ durch Verminderung der Reibung ihrer Laufräder zu erleichtern.

Von Deutschland aus kam die Idee der hölzernen Spurbahn nach England. Heinrich VI — nach manchen Angaben erst Königin Elisabeth — berief um die Mitte des 15. Jahrhunderts Bergleute aus Böhmen, Österreich, den deutschen Landen und Ungarn, um durch sie die Entwickelung des Bergbaues in England zu fördern. Hier trat alsdann die Spurbahn auch unter freiem Himmel auf. Das Bestreben, den Transport der Kohlen nach den Hafenplätzen zu beschleunigen und zu verbilligen, führte naturgemäß zu einer Verbesserung der Wege. Ursprünglich legte man in die ausgefahrenen Gleise der Straßen nur starke Bohlen, später stützte man diese auch noch mit Querschwellen, noch später — gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts — war man schon zu kunstgerechten Anlagen gelangt. Man schenkte der Linienführung der Straßen Aufmerksamkeit, verlegte die kräftigen Querschwellen aus Eichenholz in gleichen, bestimmten Entfernungen und benutzte als Fahrschienen eichene Langhölzer von 6—7″ Breite und 4—5″ Stärke, welche mit den Querschwellen verdübelt wurden; zwischen die Langschwellen kam ein fester Steinschlag. Auf solchen Holzbahnen verkehrten in der Regel die gewöhnlichen Landstraßenfuhrwerke und es lag dann die obere Fläche der Holzbalken bündig mit der Straßenoberfläche. Bei anderen Holzbahnen waren die Längsbalken etwas höher verlegt und es besaßen die Fuhrwerke an ihren Rädern $1\frac{1}{2}$″ hohe Spurkränze, wodurch sie verhindert wurden, von den Schienen abzufallen; bei den Wendeplätzen kamen zuweilen Drehscheiben zur Verwendung[8].

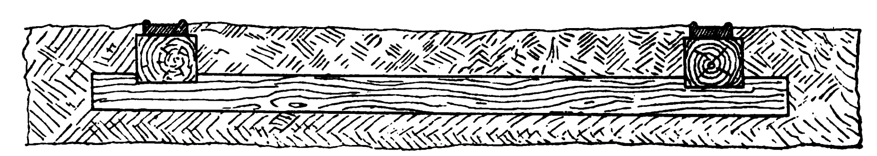
[7] Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 253—255.

[8] Jars, Metallurgische Reisen, Berlin 1877.

Die ersten Verbesserungen an diesen hölzernen Spurbahnen betrafen die „Fahrschienen“. Der hölzerne Längsbalken, auf dem die Räder liefen, ging rasch zu Grunde, seine Auswechslung war umständlich und kostspielig, weshalb man auf die mit den Querschwellen verbundene Langschwelle eine Bohle aus härterem Holze nagelte, die als eigentliche Fahrschiene diente und leicht ausgewechselt werden konnte.

Von der hölzernen zur eisernen Fahrschiene war dann nur noch ein Schritt, und er geschah — wie so oft nachhaltige Fortschritte — unter dem Einflusse volkswirtschaftlicher Verhältnisse. Der Verbrauch an Steinkohlen hatte zwischen 1760 und 1770 einen großartigen Aufschwung genommen; auf den hölzernen Spurbahnen rollten unausgesetzt die Kohlenzüge von den Gruben zu den Verschiffungsplätzen, so daß die hölzernen Fahrschienen in ungewöhnlichem Maße abgenutzt wurden. Da beschloß Reynolds, der Eigentümer der Eisen- und Kohlenwerke zu Colebrook-Dale, seine Bahnen mit eisernen Schienen zu belegen. In den Werken lagerten mächtige Vorräte an Roheisengänzen, deren Wert infolge der maßlosen Überproduktion tief gesunken war; es erschien als ökonomisch gerechtfertigt, diese Vorräte wenigstens vorübergehend in anderer Weise nutzbar zu verwenden. Die ersten plattenförmigen Eisenschienen, welche am 13. November 1767 gegossen wurden[9]), waren 5′ lang, $1^1/_4''$ dick und $4^1/_2''$ breit (Abb. 1); ihre Oberfläche bildete eine flache Rinne, um den Rädern

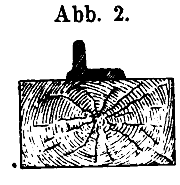
Abb. 1.



Reynolds's Flachschienengleis (1767).
1 : 20.

einen sicheren Laut zu gestatten; sie waren mit drei Nagellöchern und auf der Unterseite mit den üblichen Bruchkerben versehen, so daß sie nach dem Steigen der Eisenpreise wieder entfernt und als Eisen verwendet werden konnten. Dies geschah jedoch nicht, obgleich bald darauf die Verhältnisse des Eisenmarktes sich wirklich besserten; die eisernen Schienen wurden nicht wieder entfernt, denn die Erfahrung weniger Jahre hatte die Vortrefflichkeit des Systems klar erwiesen und drängte im Vereine mit der zunehmenden Größe des Verkehres zu steten Verbesserungen. Schon im Jahre 1776 ließ J. Curr[10]) Gußeisenschienen mit einem Spurrande herstellen, um das Ablaufen der Räder von den Schienen zu verhüten; sie bestanden (s. Abb. 2) aus einer 5″ breiten Platte mit einem $2^1/_2''$ hohen, rechtwinkelig angegossenen Rande; in der Mitte und an den Enden waren Löcher vorhanden, durch welche hölzerne oder eiserne Nägel in die hölzernen Querschwellen, welche später als Unterlagen dienten, eingetrieben wurden. Anfangs hatte man wohl auch noch Langschwellen verwendet; man erkannte jedoch bald, daß die Schiene steif genug war, um sich von Querschwelle zu Querschwelle frei zu tragen. Und gerade diese Erkenntnis, beziehungs-

Abb. 2.



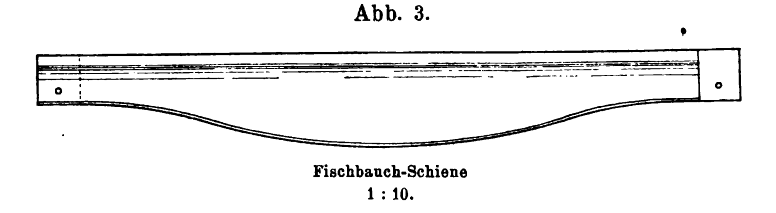
Curr's Schiene (1776).
1 : 10.

9) Francis, History of the English Railroad.
10) Curr, The coal viewer and engine builder, London 1790.

weise deren Verwertung in der Praxis, führte zu neuen Vervollkommnungen des Schienenweges. Im Jahre 1789 benutzte Jessop die in Bergwerken schon bekannten gußeisernen Schienen mit hohem Profil und kopfartiger Verdickung — also eine Art Pilzschiene — auch für die Eisenbahnen von den Kohlengruben zu den Hafenplätzen. Bei Verwendung solcher Schienen mußten dann die Räder der Fahrzeuge mit vorragenden Spurkränzen versehen werden. Damit aber waren die Eisenbahnfahrzeuge auf die ausschließliche Benutzung der Schienenwege angewiesen und die Trennung des Bahnverkehres vom Straßenverkehre vollzogen. Die Eisenbahn trat als selbständiges Verkehrsmittel auf.

Die Vorteile des Schienenweges offenbarten sich immer deutlicher und wurden auch in weiteren Kreisen mehr und mehr erkannt und gewürdigt. Die Firma Homfray, Hill & Comp. trug daher nur einem größeren Bedürfnisse Rechnung, als sie sich im Jahre 1794 durch das englische Parlament die Konzession zur Anlage einer, der allgemeinen Benutzung zugänglichen Pferdeeisenbahn von Cardiff nach Merthyr-Tydfil in South-Wales erteilen ließ. Bei dem Betriebe dieser Bahn traten die Mängel des bisherigen Oberbaues schärfer hervor; neben der schlechten Einbettung und Befestigung des Gestänges, wodurch der Gang der Fahrzeuge beunruhigt wurde, führten besonders die häufigen Brüche der Schienen zu ernsten Unfällen. Diesem Fehler sollte durch Verstärkung des Schienenquerschnittes abgeholfen werden. Benjamin Outram verwendete im Jahre 1799 auf der Kohlenbahn von Little Eaton in Derbyshire Schienen, welche an ihrer Unterseite eine zwischen den Stützpunkten nach unten ausgebauchte Verstärkungsrippe trugen und

Abb. 3.



Fischbauch-Schiene
1 : 10.

ihrer eigentümlichen Gestalt wegen den Namen Fischbauchschienen erhielten (Abb. 3). Die als Unterlagen benutzten Steinwürfel waren ohne Querverbindungen in Entfernungen von etwa 4′ angeordnet, und die Schienen ruhten anfangs mit Hilfe angegossener Ansätze auf den Würfeln; später ließ man diese Ansätze wegen ihrer leichten Zerbrechlichkeit weg und verwendete besondere Stühle zur Aufnahme der Schienenenden.

Trotz aller Bemühungen, die zu mannigfachen Abänderungen der Schienenform führten, gelang es nicht, die Betriebsunsicherheit der Schienenwege, die aus der geringen Widerstandsfähigkeit der Fahrschienen entsprang, zu beseitigen. Hervorragende Ingenieure erkannten wohl sehr bald, daß nicht so sehr der Form, als vielmehr dem Stoffe die Schuld an diesen Übelständen beizumessen sei und daß nur ein entschiedener Wechsel des letzteren die ersehnte Hilfe bringen könne. Schon 1803 hatte Nixon an der Wallbottle-Kohlengrube bei Newcastle on Tyne schmiedeeiserne Schienen verwendet, aber wegen zu geringer Stärke derselben keinen Erfolg errungen. In den Steinkohlengruben des Lord Carlisle zu Tindalfell wurden im Jahre 1810 ebenfalls walzeiserne Barren als Schienen verlegt, aber auch hier war der Erfolg kein günstiger und es zeigte sich, daß die Räder durch die scharfen

Kanten der Schienen stark ausgenutzt wurden. Daneben bestand im allgemeinen die Besorgnis, daß die Schienen aus Schmiedeeisen unverhältnismäßig rasch unter der Einwirkung des Rostes zu Grunde gehen würden. Dennoch setzten einzelne Ingenieure die Versuche fort. Im Jahre 1820 gelang es in der That dem Cheftechniker der berühmten Bedlington-Eisenwerke, John Berkinshaw, das Auswalzen des Schmiedeeisens in lange profilierte Stäbe mit Erfolg zu bewerkstelligen. Bald wurde die Erfindung für den Gleisbau der Eisenbahnen verwertet; aber jetzt, da man den Stoff gewechselt, blieb man — von einem begreiflichen Irrtum befangen — an der Form der gußeisernen Schiene haften. Man gab nämlich auch den schmiedeeisernen, in größeren Längen (15′) gewalzten Schienen die Fischbauchform auf die, durch den Abstand der Unterstützungsstellen bedingte Länge und beseitigte infolge dessen die Mängel des gußeisernen Gleises nur zum Teile. Die schmiedeeiserne Fischbauchschiene fand ihre erste ausgedehnte Anwendung auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn, die im Jahre 1825 eröffnet wurde. In der zweiten Hälfte des zweiten Jahrzehnts endlich vollzog sich abermals ein wesentlicher Fortschritt in der Ausbildung des Gleisbaues durch die Einführung der gewalzten Schienen mit gleichem Querschnitt auf ihrer ganzen Länge. Damit aber hatte der Oberbau der Eisenbahn eine Ausbildung erlangt, die ihn als unmittelbaren Vorläufer des noch heute üblichen Stuhlschienen-Oberbaues erscheinen läßt.

§ 8. Geschichtliche Entwickelung der Dampffuhrwerke. — Die Erfindung Berkinshaw's versetzte den Schienenweg in jenen besseren Zustand, der es gestattete, ihn auch mit Lokomotiven zu befahren. Die Entwickelung der letzteren kam nunmehr in rascheren Fluß. Die frühesten Versuche, die Dampfkraft in solcher Weise zur Beförderung der Wagenzüge auf Gleisen zu verwerten, fallen in den Beginn des 19. Jahrhunderts. Trevithick (geb. 13. April 1771 in Illogan) war der erste, welcher die Ueberzeugung aussprach, daß mit den Straßendampfwagen, welche seit der Vervollkommnung der Dampfmaschine durch Watt alle erfinderischen Geister in hohem Grade beschäftigten, kein entsprechender praktischer Nutzen erreicht und ein wirklicher, nachhaltiger Erfolg nur durch die Verbindung des Dampfwagens mit dem eisernen Schienenstrange gewonnen werden könnte. Im Jahre 1804 brachte Trevithick, den Max Maria von Weber mit vollem Rechte als den Ahnen der Lokomotiverfindung[11]) bezeichnet, seine erste bewegliche Dampfmaschine zum Ziehen beladener Wagen auf Spurbahnen in Anwendung. Es scheint, daß er mit dieser Lokomotive, wahrscheinlich infolge zu geringen Reibungsgewichtes, üble Erfahrungen machte, denn er selbst betonte die Notwendigkeit, in manchen Fällen die Lauffläche der Lokomotivräder rauh zu machen, um die Reibung zu vermehren, und lenkte hiermit die Entwickelung des Lokomotivbaues auf falsche Pfade, von denen erst nach einem vollen Jahrzehnt abgegangen wurde. Durch verschiedene Mittel — unter anderem auch durch Zahnräder und Zahnstangen — suchte man die vermeintlich zu geringe Reibung zwischen Rad und Schiene zu vermehren. Endlich gelangte W. Hendley, der Grubenaufseher Blackett's, durch ausgedehnte Versuche zu der Ueberzeugung, daß das Gewicht der Lokomotive mit glatten Radumfängen, dank der gleitenden Reibung zwischen Rad und Schiene, vollkommen ausreichend sei, um eine Zugkraft von genügender Größe auszuüben, wenn nur die erforderliche Anzahl Lokomotivräder zur Bewegung herangezogen, also das Reibungsgewicht erhöht würde.

---

[11]) Weber, Der Ahne der Lokomotiverfindung, Westermanns Monatshefte, 1876.

Blackett, welcher dieser Frage schon lange seine volle Aufmerksamkeit zugewendet hatte, machte sich diese Erkenntnis sofort zu Nutzen und im Jahre 1813 lief auf seinen Kohlenbahnen die erste reine Reibungslokomotive. Fast zu gleicher Zeit und unabhängig von ihm erbaute der Maschinenwärter George Stephenson (geb. am 9. Juni 1781 zu Wylam, gest. in Tapton House am 12. August 1848), welcher bei seinen Bemühungen um den Bau einer fahrenden Dampfmaschine von Anfang an den richtigen Weg gegangen war, seine erste Reibungslokomotive, welche wegen der Anwendung des Blasrohres bemerkenswert ist und sich im allgemeinen gut bewährte, so daß Stephenson sich mit dem ganzen Scharfsinne seines Genies auf die weitere Ausbildung der Lokomotiven verlegte. Schon im Jahre 1824 gründete er mit Hilfe von Eduard Pearse die später von seinem Sohne Robert betriebene Lokomotivfabrik in Newcastle, aus welcher die erste Lokomotive für die Stockton-Darlington-Bahn hervorging. Bei dieser Maschine war die Kuppelung der Treibräder, anstatt durch die bis dahin zumeist angewandten Ketten, mit Hilfe von Kuppelstangen bewirkt. Mit unermüdlichem Eifer wurde an der Vervollkommnung der Lokomotive weitergearbeitet. Im Jahre 1825 wurden Lokomotiven mit zwei besonderen vierräderigen Gestellen erbaut; im gleichen Jahre brachte Hackworth zum ersten Male die Dampfcylinder zu beiden Seiten des Kessels an und versetzte die Kurbeln der Treibachse um 90°; Hackworth war es auch, der auf der Lokomotive eine durch Excenter betriebene kurzhubige Speisewasserpumpe anbrachte und die Gewichte der Sicherheitsventile durch Federn ersetzte.

Diese Fortschritte und die durch sie erreichten Erfolge ermutigten Stephenson, für den gesamten Betrieb auf der Eisenbahn von Liverpool nach Manchester, deren Bau er leitete, die Anwendung von Lokomotiven in Vorschlag zu bringen. Hatte es schon bedeutende Schwierigkeiten verursacht, überhaupt die Genehmigung für den Bau einer Eisenbahn zwischen den beiden größten Handelsplätzen Englands zu erhalten, so begegnete die Idee, auf derselben nicht nur die Kohlenzüge — wie auf der Stockton-Darlington-Bahn — sondern auch die Personenzüge mit fahrenden Dampfmaschinen zu befördern, heftigem Widerspruche. Die ersten Techniker Englands traten dagegen auf und selbst die Direktoren der Liverpool-Manchester-Eisenbahn zögerten lange, dem Antrage ihres Chef-Ingenieurs zuzustimmen. Endlich entschied man sich für eine Preisausschreibung auf Lokomotiven als den günstigsten Ausweg aus dem Kampfe und Widerstreite der Meinungen. Die erste Bedingung dieser Preisausschreibung lautete dahin, daß die Lokomotive ihren Rauch verzehren müsse. Außerdem sollte sie nicht mehr als 6 t wiegen und bis Rauchfangoberkante nicht höher als 4,5 m sein; auf der horizontalen Bahn hatte sie bei 3,5 kg Dampfspannung einschließlich des Kohlenwagens 20 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde zu befördern; der Achsdruck durfte $2^1/_4$ t nicht übersteigen, der Anschaffungspreis nicht über 550 Pfd. Sterling hinausgehen. Der Preis für die beste Lokomotive war mit 500 Pfd. Sterling festgesetzt.

Zu den berühmten Wettfahrten, welche am 1. Oktober 1829 auf der Ebene von Rainhill begannen, waren fünf Lokomotiven angemeldet worden: Bradreth's „Cyklop", Braithwaite & Erikson's „Novelty", Stephenson's „Rocket", Hackworth's „Sanspareil" und Burstall's „Perseverance". Der „Cyklop" mußte einiger Gebrechen halber von den Wettfahrten abstehen und die „Perseverance" wurde überhaupt nicht zu den Versuchen zugelassen, weil sie mehreren Bedingungen nicht entsprach. Die „Novelty" aber, welche einige vorzüglich ausgeführte Einzelkonstruktionen aufwies,

trat mitten im Wettlaufen vom Kampfplatze zurück, weil ihr Gebläs versagte und die „Sanspareil“ erwies sich zu schwer und konnte ihres großen Brennstoffverbrauches wegen nicht genügen. Nur die „Rocket“ (Abb. 4) zeigte in allen ihren Teilen das richtige Verhältnis zwischen Beanspruchung und Widerstandsfähigkeit und vermochte alle Bedingungen der Preisausschreibung ohne Anstand, ja glänzend zu erfüllen. Stephenson hatte seiner Lokomotive auf Empfehlung des Sekretärs Booth die angeblich von Seguin, dem Direktor der Eisenbahn von St. Etienne nach Lyon, erfundenen Feuerröhren gegeben, und zwar 25 Stück; die Cylinder der „Rocket“ hatten 203 mm Durchmesser und 419 mm Hub, ihre Treibräder 1434 mm Durchmesser. Die Rostfläche betrug 0,557 qm, die Feuerbüchsheizfläche 1,858 qm, die Röhrenheizfläche 10,943 qm. Die „Rocket“ für sich wog dienstbereit 4,50 t, ihr Tender mit Wasserfaß 3,06 t. Der gebrauchte Dampf wurde durch ein Blasrohr in den Schornstein geleitet.

Stephenson blieb bei dem Errungenen nicht selbstzufrieden stehen; seine „Rocket“ war für die kommenden Lokomotiven nur ein Entwurf, wenn auch ein

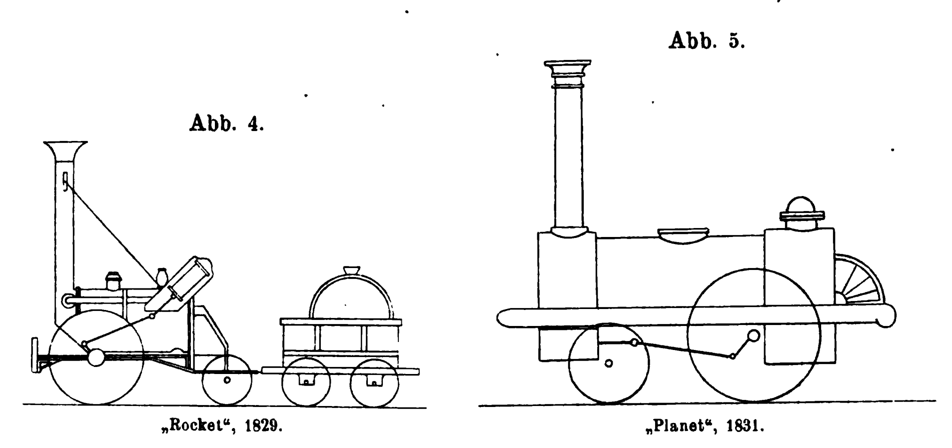


Abb. 4. „Rocket“, 1829.

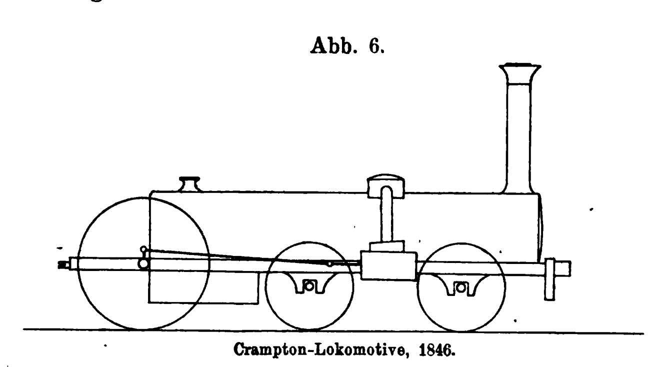
Abb. 5. „Planet“, 1831.

mustergiltiger. Seine „Northumbrian“, welche am 15. September 1830 die Fahrten auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn eröffnete, trug schon 90 Feuerröhren in ihrem Kessel. Einen weiteren Schritt nach vorwärts machte Hackworth, dieser ideenreiche, aber in seinen Ausführungen nicht immer glückliche Konstrukteur, indem er zwei innenliegende, wagrechte Cylinder anbrachte und deren Kolbenstangen direkt auf eine doppeltgekröpfte Treibachse wirken ließ, während die Schieber durch je ein besonderes Excenter angetrieben wurden. Der „Planet“ (Abb. 5), den Stephenson im Jahre 1831 mit Berücksichtigung aller bis dahin gewonnenen Erfahrungen erbaute, hatte bereits 129 Feuerröhren mit einer Heizfläche von 34,34 qm, ferner eine Feuerbüchsheizfläche von 3,46 qm und 4 Räder von 1,523, beziehungsweise 0,914 m Durchmesser; er wog dienstbereit 9,1 t und beförderte Züge von 77 t mit der größten Geschwindigkeit von 24 km in der Stunde auf horizontaler Strecke auch bei ungünstigem Winde. Hawthorn in Newcastle führte im Jahre 1837 für jeden der beiden Cylinder zwei feste Excenter ein, je eines für Vor- und Rückwärtsgang; die Verbindung mit dem Schieber war jedoch noch sehr kompliziert. Ihre erfolgreiche Vereinfachung gelang erst R. Stephenson, dessen berühmte Steuerung im Jahre 1842 zur ersten Anwendung gelangte. Eine vielbenutzte Lokomotivbauart (Abb. 6) wurde endlich im Jahre 1846 dem Ingenieur Crampton patentiert: die Treibachse liegt bei ihr hinter

der Feuerbüchse und besitzt Räder von sehr großem Durchmesser; der Schwerpunkt liegt tief, das gesamte Gewerk befindet sich außen. Die Cramptonlokomotiven der South-Eeastern-Eisenbahn vermochten 44 t mit 104,8 km in der Stunde zu befördern; derartige Lokomotiven stehen noch heute für den Schnellzugsverkehr auf englischen Bahnen im Dienste.

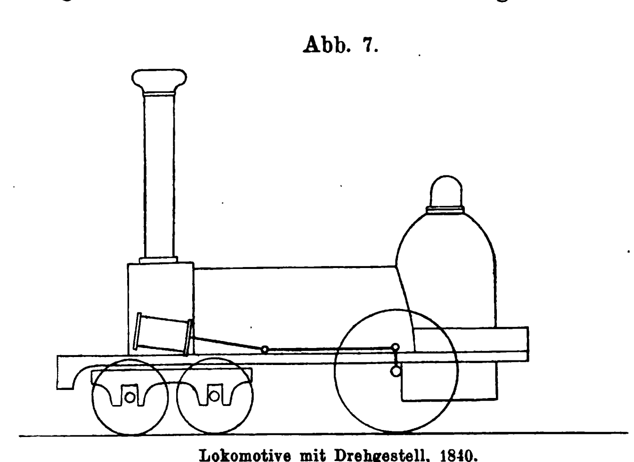
Der Sieg der „Rocket" und der Erfolg des Lokomotivbetriebes auf der Eisenbahn von Liverpool nach Manchester erregten die Aufmerksamkeit in allen Kulturländern. Zunächst nahm wohl Amerika den regsten Anteil an der weiteren Ausbildung des Eisenbahnwesens und namentlich der Lokomotive selbst. Hier entstanden schon in den ersten Jahren nach 1829 neue und eigenartige Lokomotivkonstruktionen. Unter anderen entwarf Horatio Allen, welcher die erste Lokomotive von England nach Amerika gebracht hatte, im Jahre 1831 eine achträderige Doppellokomotive. Die Entwickelung des Drehgestells, von Stephenson bereits im Jahre 1825 angewandt, blieb nach seiner erfolgreichen Einführung in den Lokomotivbau durch William Norris vorwiegend in amerikanischen Händen, da es für die damaligen mangelhaften Gleisanlagen und die scharfen Bahnkrümmungen unerläßlich erschien (Abb. 7). Baldwin erbaute 1836 und 1837 Lokomotiven von 12,5 t Dienstgewicht für einen Dampfdruck in den Cylindern von 8 bis 9 at und überholte auf solche Weise die englischen Konstrukteure, die über 4,2 at nicht hinausgegangen waren. Hierzu traten noch verschiedene konstruktive Einzelnheiten, welche in Amerika infolge der hier obwaltenden besonderen Verhältnisse im Bau und Betriebe der Eisenbahnen eine eigentümliche, vorteilhafte Ausgestaltung erfuhren und den Ruf der amerikanischen Lokomotiven selbst über jenen der englischen erhoben.

Abb. 6.



Crampton-Lokomotive, 1846.

Abb. 7.



Lokomotive mit Drehgestell, 1840.

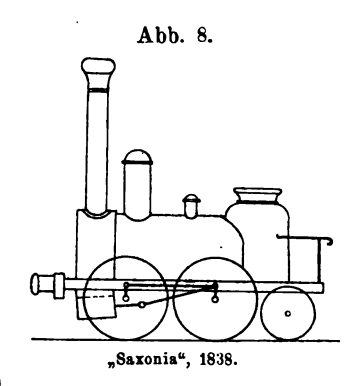
Auch auf dem europäischen Festlande machte sich der Lokomotivbau allmählich unabhängig von England, und zwar in dem Maße, als der Bau der Eisenbahnen an Ausdehnung gewann.

Größere Fabriken, wie Cockerill in Seraing, Dr. Kufahl und Borsig in Berlin, Aktienmaschinenfabrik Übigau bei Dresden, Maschinenfabrik der Wien-Gloggnitzer Eisenbahngesellschaft in Wien, Prevenhuber,

Armbruster und Günther in W.-Neustadt, Maffei und Krauss in München, Kessler in Karlsruhe, Eggestorf in Linden, Henschel in Cassel, Schneider in Creuzot wendeten sich frühzeitig dem Lokomotivbaue zu und nahmen bestimmenden Einfluß auf dessen allmähliche Ausgestaltung.

Bei der ersten in Deutschland erbauten Lokomotive, der aus der Aktienmaschinenfabrik Übigau für die Leipzig-Dresdener Eisenbahn hervorgegangenen „Saxonia" (Fig. 8) findet sich das englische Vorbild noch scharf ausgeprägt. Borsig trat mit abgeänderten Norrislokomotiven in den Wettbewerb ein, während Egells in Berlin schon frühzeitig mit einer deutschen Konstruktion — von Hoppe — hervortrat. In Österreich machte man sich verhältnismäßig sehr bald von amerikanischen und englischen Mustern frei, ohne daß es jedoch in den ersten Jahrzehnten des Eisenbahnwesens gelang, selbstbestimmenden Einfluß auf die Gestaltung des Lokomotivbaues auszuüben. In Frankreich fand neben den schweren Lokomotiven für den Güterzugsdienst die Crampton-Lokomotive sehr ausgedehnte Anwendung; in Belgien haben insbesondere De Ridder und Belpaire manche wertvolle Verbesserung geschaffen, so unter anderem auch die Verankerung der Feuerbüchsdecken mit Stehbolzen an Stelle der englischen Deckenbarren, welche die Kesselsteinbildung begünstigten.

Abb. 8.



„Saxonia", 1838.

§ 9. Entwickelung und Ausbildung der Eisenbahnen in Europa. — Auf dem europäischen Festlande entstanden die ersten Lokomotivbahnen zumeist nur unter harten Kämpfen gegen die ihnen entgegenstehenden ungünstigen Anschauungen. Anregungen zur Verwendung der fahrenden Dampfmaschine auf eisernen Schienensträngen waren vielfach schon vor dem Siege der „Rocket" oder doch bald nach diesem großartigen Ereignisse gegeben worden; so hatte Professor Riepl in Österreich den Bau einer Eisenbahn von Brody an das adriatische Meer schon 1829 in Vorschlag gebracht und Fr. J. Ritter von Gerstner die Umgestaltung der Pferdeeisenbahn von Linz nach Budweis in eine Lokomotiveisenbahn um die gleiche Zeit empfohlen. Noch früher, nämlich bereits im zweiten Jahrzehnt, trat der bayerische Oberbergrat und Professor J. v. Baader lebhaft für den Bau von Eisenbahnen ein und warnte späterhin vor der Wiederholung der Mängel des englischen Eisenbahnwesens in Deutschland, wobei er allerdings mitunter auf Abwege geriet. Außerdem sei an Henschel in Kurhessen, an Friedrich Harkort in Westfalen und den Rheinlanden, an v. Amsberg in Braunschweig erinnert. Der Franzose Séguin ließ die im Jahre 1828 eröffnete Kohlenbahn von St. Etienne nach Andrézieux mit Lokomotiven befahren, die, aus Stephensons Fabrik hervorgegangen, teilweise nach seinen Andeutungen konstruiert waren.

Solche Männer blieben aber mit ihren Anschauungen anfangs ganz vereinzelt. Wenn auch Handel und Industrie in den meisten Staaten des Festlandes, so namentlich in Deutschland, aus den engen Verhältnissen hinausstrebten, so fehlte doch den Kapitalisten der Unternehmungsgeist, das Vertrauen in die neue Erfindung, der Glaube an deren Einwirkung auf die Belebung des Verkehrs und der Produktion. Man meinte vielfach, daß den dringendsten Bedürfnissen des Güter- und Personenverkehres durch die Verbesserung und Erweiterung des Land- und Wasserstraßen-

netzes vollauf entsprochen werden könne und brachte hierfür auch namhafte Opfer, so namentlich in Frankreich, in einzelnen deutschen Ländern, in Österreich u. s. w. Aus diesem letzteren Umstande entsprang auch zumeist die ablehnende Haltung der Behörden. Dazu trat die weitere Thatsache, daß man den Lokomotiveisenbahnen im allgemeinen eine sehr geringe militärische Bedeutung beimaß, ja sie vielmehr als nachteilig für militärische Unternehmungen betrachtete. In Deutschland bildeten insbesondere die politischen Verhältnisse der einzelnen Länder ernstliche Hindernisse für die Ausbreitung der Eisenbahnen. So kam es, daß auf dem europäischen Festlande das Lokomotiveisenbahnwesen erst in der Mitte des vierten Jahrzehnts festen Fuß faßte.

Im Jahre 1835 erhielten Belgien und Deutschland die ersten, für den allgemeinen Verkehr bestimmten Lokomotiveisenbahnen des europäischen Festlandes in den Linien Brüssel-Mecheln, beziehungsweise Nürnberg-Fürth. In Deutschland trat der Nationalökonom Friedrich List für die Schaffung eines einheitlich angelegten Eisenbahnnetzes ein, ohne hierfür jedoch volles Verständnis in den maßgebenden Kreisen zu finden. Am 6. Januar 1838 wurde in Österreich die Linie Wien-Wagram als Teilstrecke der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, die aus Riepl's Projekt hervorgegangen war, eröffnet, desgleichen im selben Jahre in Frankreich die Eisenbahn von Paris nach St. Germain und in Rußland die von Fr. J. R. v. Gerstner erbaute Linie von St. Petersburg nach Zarskoje-Selo. Im Jahre 1839 folgten das Königreich der Niederlande (Amsterdam-Harlem) und das Königreich Neapel (Neapel-Portici).

Die Ausbreitung des Eisenbahnnetzes schritt in den einzelnen Staaten mehr oder minder rasch fort, je nachdem die wirtschaftlichen, politischen und sozialen Verhältnisse mehr oder weniger günstig waren. Wie in England und den Vereinigten Staaten von Nordamerika blieben auch auf dem europäischen Festlande die Anlage und der Betrieb der Eisenbahnen zunächst vollständig dem Privatunternehmungsgeiste überlassen; die Regierungen behielten sich nur gewisse Rechte vor und suchten durch Gesetze und Verordnungen den sich geltend machenden Rechtswirkungen der Eisenbahnen nach Thunlichkeit Rechnung zu tragen. In Frankreich wurde die Eisenbahngesetzgebung durch eine Verordnung vom Jahre 1833 eingeleitet, welche den Bau neuer Eisenbahnen von einem besonderen Konzessionsgesetze abhängig machte; ihm folgten im Jahre 1835 Belgien und 1838 England mit Gesetzen über die Konzession der Linien, bezw. die Beförderung von Postsäcken durch die Eisenbahnen. Überhaupt ist hervorzuheben, daß die meisten älteren Gesetze sich nur auf besondere Verhältnisse, namentlich die Enteignung beziehen. Gesetze von mehr umfassendem Inhalte bestehen z. B. in Preußen seit 1838 „über die Eisenbahnunternehmungen und insbesondere über das Verhältnis der Eisenbahngesellschaften zum Staate und zum Publikum", in Hessen seit 1842 über den Bau und Betrieb der Eisenbahnen, desgleichen in Württemberg seit 1843 u. s. w. Österreich erhielt die erste Eisenbahnbetriebsordnung im Jahre 1851 und das erste, noch heute in Geltung stehende Eisenbahnkonzessionsgesetz im Jahre 1854. Zu Anfang des fünften Jahrzehnts begann sich in der Bethätigung der Staaten an der Vervollständigung des Eisenbahnnetzes ein Umschwung vorzubereiten, der dann in den siebziger Jahren vor allen in Deutschland und Österreich zu energischen Anläufen führte, den Bau und Betrieb der Eisenbahnen vollständig in die Hände des Staates zu legen.

[illegible] der ersten Zeit der Entwickelung der Eisen- [illegible] erwähnte englische Konstruktion je nach den [illegible] Rede stehenden Länder, wie auch in dem [illegible] ven und die Fahrgeschwindigkeiten der Züge [illegible] ngen.

[illegible] der gewalzten Fischbauchschiene, die z. B. [illegible] senbahn ursprünglich Verwendung gefunden [illegible] erbau zu einer für die Zukunft maßgebenden [illegible] hienen ruhten in Abständen von etwa 3′ (engl.) [illegible] uf Steinquadern, seltener auf hölzernen Quer- [illegible] ufmerksamkeit wurde hierbei der Herstellung [illegible] lässigem Stoffe gebildeten Bettung geschenkt. [illegible] ielfach zum Zwecke der Kultivierung in unwirt- [illegible] sich die Ingenieure notgedrungen veranlaßt, [illegible] ewöhnlich im Überflusse vorhandene Holz in [illegible] den Gebrauch des Eisens nach Möglichkeit

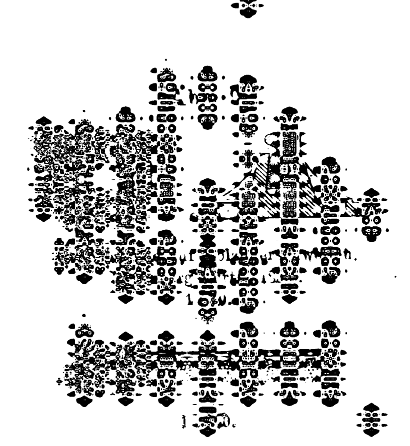
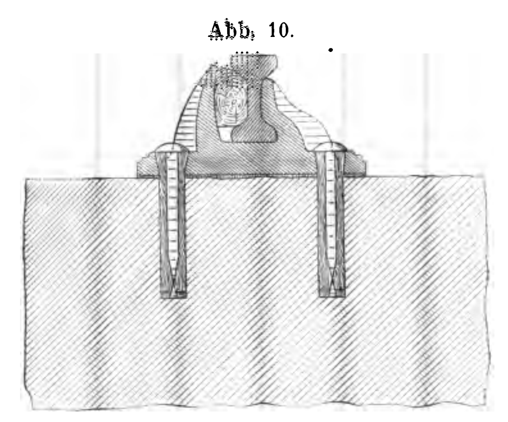
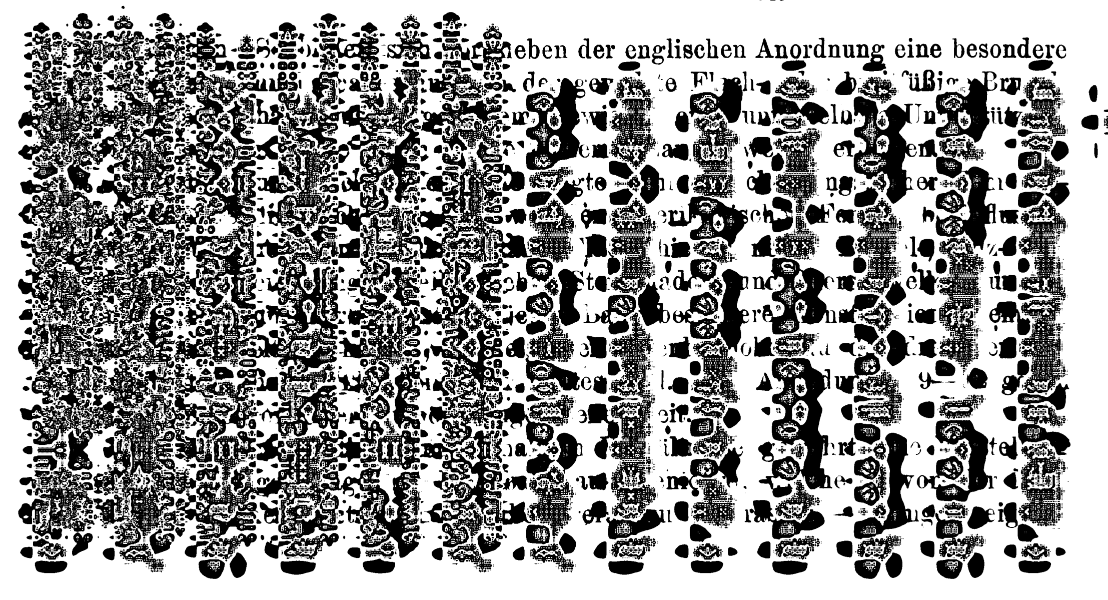


Abb. 10.



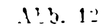
Stuhlschiene auf Steinwürfeln.
(Taunus-Bahn, 1840).
1 : 10.

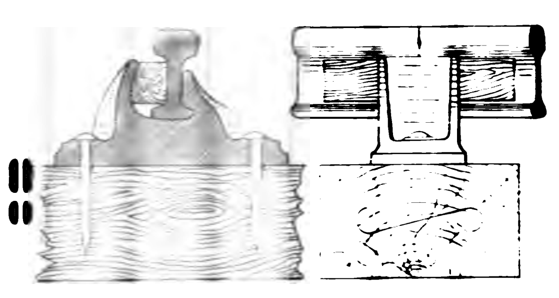


[illegible] eben der englischen Anordnung eine besondere [illegible]



[illegible] technischen Gefühlen leiten lassen konnten. [illegible] rt wurden. Mancher Gedanke, der von that- [illegible] e zeugt, wurde rasch aufgenommen und ver- [illegible] unbeachtet blieb und erst in späterer Zeit [illegible]

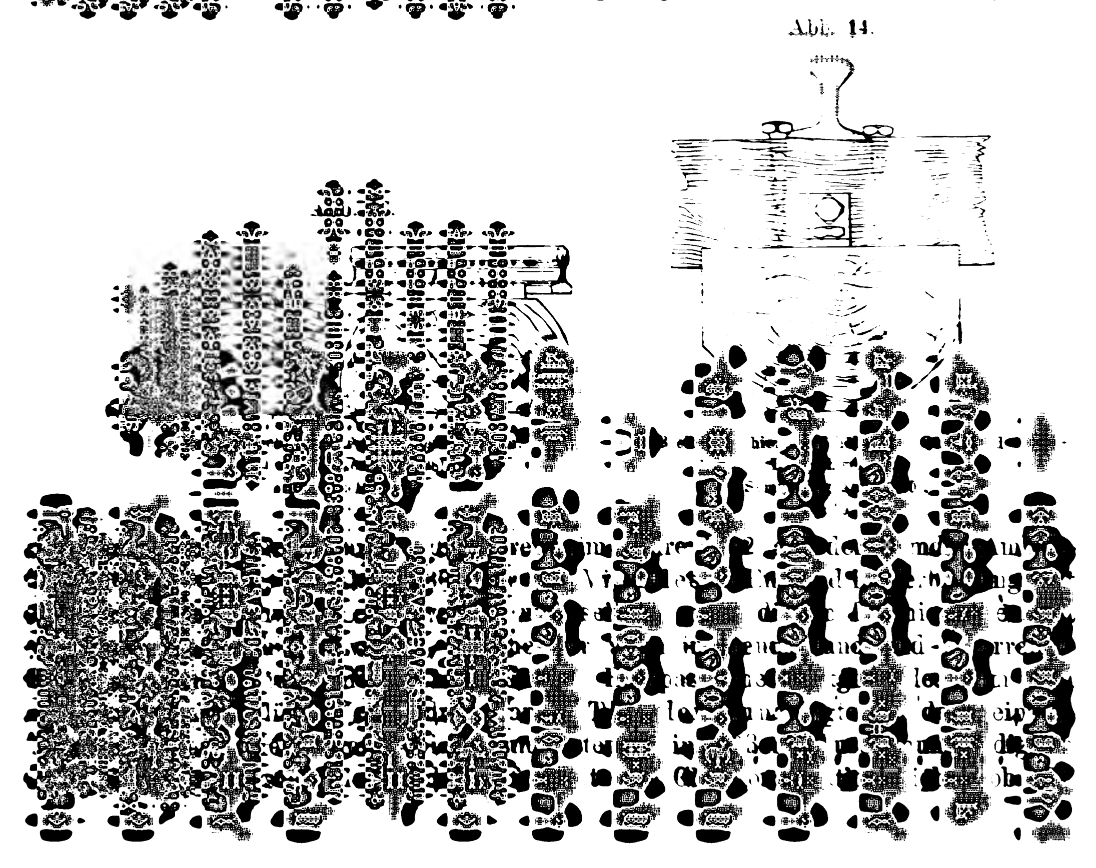




Stahlschiene auf Holz-Querschwellen (Bayerische Staatsbahn 184[illegible]) 1 : 10.

[illegible] daß in Amerika an Stelle der Flachschienen [illegible] traten. Dieselben wurden 1835 von Strick- [illegible] im Jahre 1836 in England eingeführt. Da sich [illegible] wegen der größeren Achsdrücke als notwendig [illegible] Grunde gelangte Stevens zur Erfindung einer

Abb. 14.

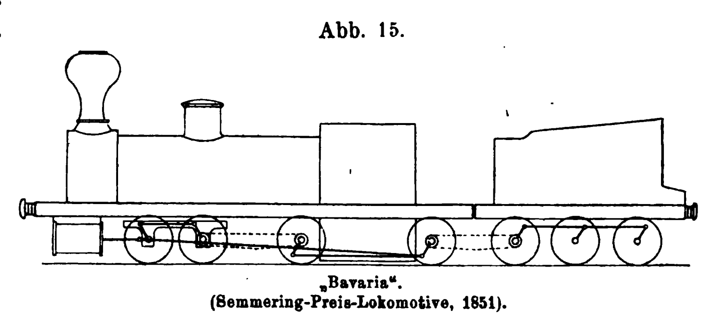


[illegible]

welche früher öfters mit dem Namen „Deutscher Oberbau“ bezeichnet worden ist. Gegen Ende der vierziger Jahre dachte man auch ernstlicher an eine Verbindung der Schienenenden durch Laschen, ohne daß diese jedoch damals schon zu allgemeiner Einführung gelangten; die feste Lagerung der Schienenenden bei gleichzeitiger Anwendung verschiedener Mittel zur Sicherung der Schienenlage wurde noch immer für genügend erachtet.

Ein neuer Abschnitt im Lokomotiveisenbahnwesen beginnt mit dem Baue der Eisenbahn über den Semmering. Hier handelte es sich zum erstenmal um die Ueberschienung eines Hochgebirggebietes von nicht gewöhnlicher Ausdehnung durch eine für den Weltverkehr bestimmte Bahn mit andauernd starken Steigungen und zahlreichen scharfen Bögen. Die Semmeringbahn ist eine Teilstrecke der Linie Wien-Triest und wurde erbaut von Karl Ritter von Ghega (geb. am 10. Januar 1802 in Venedig, gest. am 13. März 1860), der im Jahre 1841 zur Bauleitung der Linie Wien-Triest berufen worden war. Damals stand erst die Teilstrecke Wien-Gloggnitz im Betriebe; der weitere Bau über die Ausläufer der norischen Alpen erregte wegen der Wahl eines richtigen Betriebssystems so große Bedenken, daß man die Entscheidung hierüber in der Schwebe beließ und zunächst die Bahn von Mürzzuschlag am südlichen Fuße des Semmering aus nach Graz weiterführte. Ghega empfahl auf Grund seiner Studien in Amerika, wo schon kürzere Gebirgsbahnen im Betriebe standen, sowie auf Grund der Erfahrungen auf der Lokomotivbahn über die Alp in Württemberg (Geislingen-Amstetten), die Überschienung des Semmering mittels einer gewöhnlichen Lokomotivbahn; daneben wurde auch die Anlage einer atmosphärischen Eisenbahn studiert. Keißler befürwortete die Herstellung eines 6 km langen Tunnels, der österreichische Ingenieurverein den Bau einer Seilbahn. Die Regierung entschied sich für Ghega's Projekt, ließ — zum Teil wohl unter dem Drucke der sozialen Verhältnisse, welche die Beschaffung von Arbeit notwendig erscheinen ließen — den Bau der Lokomotivbahn im Jahre 1848 beginnen und schrieb nach Ghegas Vorschlag einen Preis für die beste Konstruktion von Lokomotiven zum Betriebe der neuen Linie aus. Die Preislokomotive sollte bei günstiger Witterung auf der Steigung von 25 $^0/_{00}$ und im Bogen von 284 m Halbmesser eine Bruttolast von wenigstens 2500 Centner Gewicht (ausschließlich des Tenders) regelmäßig mit 14,2 km in der Stunde befördern. Zum Wettbewerbe erschienen vier Lokomotiven: „Bavaria“ von Maffei in München (Abb. 15), „Wiener-Neustadt“ von Günther in Wiener-Neustadt, „Seraing“ von Cockerill in Seraing und „Vindobona“ von der Wien-Gloggnitzer Maschinenfabrik. Von diesen Lokomotiven wurde die „Bavaria“ preisgekrönt, die übrigen drei Lokomotiven wurden angekauft; da sie aber Einrichtungen aufwiesen, welche teils gewagt erschienen, teils nicht erprobt waren, so hielt man keine für die dauernde Verwendung geeignet Der Wettbewerb hatte jedoch eine Fülle von Gedanken zu Tage gefördert, deren allmähliche Verwertung im Lokomotivbaue jene großartige Entwickelung desselben herbeiführte,

Abb. 15.



„Bavaria“.
(Semmering-Preis-Lokomotive, 1851).

die uns mit Bewunderung erfüllen muß. Die Lokomotive Engerths, die lange Zeit auf der Semmeringbahn, in Frankreich und in der Schweiz Anwendung fand, war mit Rücksicht auf die durch den Wettbewerb geweckten Anschauungen und dabei erworbenen Erfahrungen konstruiert worden. Der bis vor die Feuerbüchse verlängerte Tenderrahmen war mit dem Lokomotivgestelle durch einen Bolzen derart gekuppelt, daß sich beide Rahmen in Krümmungen in wagrechter und senkrechter Ebene gegeneinander verstellen konnten; die vordere und die hintere Gruppe gekuppelter Achsen waren mit einander wieder durch Zahngetriebe verbunden, so daß bei freier Drehbarkeit die Kuppelung sämtlicher Achsen für Adhäsionszwecke erreicht war; später wurde diese Kuppelung der beiden Achsgruppen wieder verlassen. Die „Wiener-Neustadt“ erschien nach kurzer Zeit wieder als System Meyer, die Seraing fast unverändert als System Fairlie und beide gewannen einen hervorragenden Platz im modernen Eisenbahnbetriebe. Am 17. Juli 1854 wurde die zweigleisig erbaute Semmeringbahn dem allgemeinen Verkehre übergeben, und nun bestand für die Lokomotiven auf dem Festlande, sozusagen, kein Hindernis mehr. In verhältnismäßig kurzen Zwischenräumen entstanden die großartigsten und kühnsten Alpenbahnen und jede von ihnen bedeutete einen neuen, gewaltigen Fortschritt im Eisenbahnwesen, jede von ihnen bildete einen hervorragenden Markstein in der Geschichte des Eisenbahnbaues, des Eisenbahnbetriebes und der technischen Wissenschaften.

Bei der Anlage der Semmeringbahn hatte man, durch die Natur des Geländes veranlaßt, von Erddämmen, Steinpflasterungen u. s. w. wenig Gebrauch gemacht, die Bahn vielmehr fortwährend unter ausgedehnter Anwendung von Stütz- und Wandmauern an die Berglehne angeschmiegt und zahlreiche Viadukte ausgeführt, so daß man sie darum nicht mit Unrecht eine „gemauerte“ Bahn genannt hat.

Einen wesentlich anderen Charakter zeigt die Brennerbahn, die am 24. August 1867 eröffnet wurde. Entsprechend der eigentümlichen Art des von der Bahnlinie durchzogenen Geländes kamen in ausgedehntem Maße bedeutende Anschüttungen zur Ausführung, auch wurden neben in Mörtel erbauten Stützmauern sehr mächtige Trockenmauer- und Steinsatz-Anlagen hergestellt. Besondere Schwierigkeiten bereiteten dem Baue die Wildwässer, die teils neben der Bahn hinziehen, teils dieselbe kreuzen; die geringe Standfähigkeit des verwitterbaren, von Wasser stark durchzogenen Gehänges erschwerte die Ausführungen. Zum erstenmal kamen bei der Brennerbahn die Bachtunnels zur Verwendung, so daß durch den Bau dieser berühmten Alpenbahn die Erd- und Wasserbaukunde in nachhaltiger Weise gefördert wurden. Ähnliches gilt von der Linie über das Toblacherfeld — Pusterthalbahn, zwischen Villach und Franzensfeste — bei deren Bau mit einem bedeutenden Gebirgsflusse, mit wilden Bächen und mit mächtigen Murgängen allenthalben zu kämpfen war.

Der Bau der Mont-Cenisbahn, deren Eröffnung von Bussoleno bis Modane am 17. September, von Modane bis St. Michele am 16. Oktober 1871 erfolgte, brachte neben der erstmaligen Untertunnelung von Murgängen an Stelle sonstiger Ueberführungen mit dem großen Alpentunnel ein neues, epochemachendes Konstruktionselement in den Eisenbahnbau. Dasselbe erfuhr eine weitere Ausbildung bei der Gotthardbahn, die mit einem 15 km langen Scheiteltunnel den Gebirgsstock des St. Gotthard durchfährt. Auf dieser Bahn, die im Jahre 1882 eröffnet wurde, finden sich Steigungen von 26 und 27 ‰ und die berühmten spiralförmigen Hebungsbögen, welche zur Erreichung der Höhe des Scheiteltunnels und zur thunlichen Vermeidung

des schwierigen Lehnenbaues auf unwegsamen Abhängen dienen mußten. Bei dem Baue der Arlbergbahn, der bisher letzten großen Alpenbahn (eröffnet 1884), wurden alle Erfahrungen früherer Bauten in streng kritischer Weise verwertet und manche beachtenswerte Neuerung, wie die Anwendung des stoßenden und des drehenden Bohrers, die Trennung der Ventilations- von der Bohrmaschinerie, die Förderung im Tunnel durch feuerlose Motoren u. s. w. zur Anwendung gebracht. Die Arlbergbahn bietet ein Bild der reichsten Abwechslung in Sonderkonstruktionen und zeigt namentlich auch eine weitgehende und in vielen Beziehungen bahnbrechende Anwendung des Steinmaterials bei den Brückenbauten und Lehnenviadukten nach französischer Bauweise.

§ 10. Entwickelung und Ausbreitung der Eisenbahnen. Fortsetzung. — Mit der zunehmenden Ausbreitung der Eisenbahnen steigerten sich naturgemäß auch die Ansprüche an deren Leistungsfähigkeit. Erschien von allem Anfange an die Beförderung möglichst großer Transportmengen mit thunlichst hoher Geschwindigkeit als das Ziel der Lokomotiveisenbahnen und wurde demselben auch von Anbeginn rastlos nachgestrebt, so trat dieses Bestreben doch erst in den sechziger Jahren und zwar als Folge der Entwickelung von Handel und Verkehr durch die Eisenbahnen selbst in besonders entschiedener Weise hervor. Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven wuchsen von Jahr zu Jahr; besonders wurden sie gesteigert durch den Bau der Alpenbahnen, für deren Betrieb mächtige Lokomotiven mit vier gekuppelten Achsen von je 13 bis 14 Tonnen Belastung geschaffen werden mußten, sowie durch die Einführung sehr schnellfahrender Züge, welche Lokomotiven mit hohen Rädern, großer Verdampfungsfähigkeit des Kessels und großem Überschusse der Zugkraft über den Zugwiderstand erforderten. Neben den Lokomotiven erfuhren auch die Güter- und Personenwagen eine durchgreifende Umgestaltung. Die Tragfähigkeit der ersteren, die bis in die fünfziger Jahre höchstens 80 bis 100 Ctr. betragen hatte, wurde bis auf 200 Ctr. erhöht; bei den Personenwagen, die ursprünglich den Straßenfuhrwerken ängstlich nachgebildet waren, wurde der Bequemlichkeit für die Reisenden mehr und mehr Aufmerksamkeit zugewendet, so daß die Größe des Wagengewichtes, welches auf den einzelnen Reisenden entfiel, stetig zunahm; in den sechziger Jahren kamen die ersten Durchgangswagen und zwar zunächst im Ortsverkehre in Betrieb; dieselben bürgerten sich aber erst nach der Verbesserung durch Edmund Heusinger von Waldegg in der Mitte des achten Jahrzehntes ein.

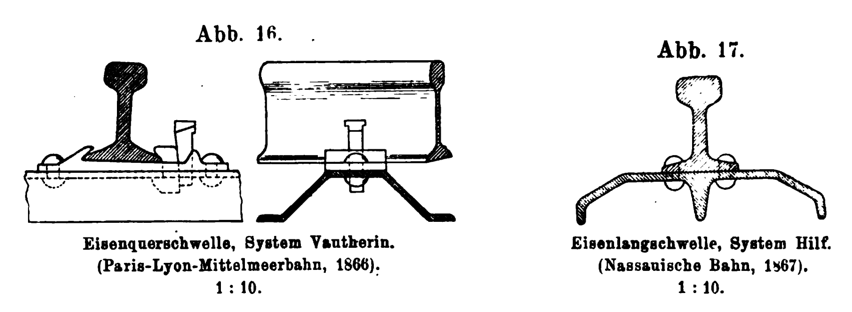
Die Fortschritte im Lokomotiv- und Wagenbaue konnten auf die Ausbildung des Oberbaues nicht ohne Einfluß bleiben. Die kräftigeren, schwereren und schneller fahrenden Lokomotiven erforderten auch einen Oberbau, kräftiger und widerstandsfähiger als jener, der einer „Rocket“ und ihren ersten Nachfolgern genügt hatte. Das Gewicht der Schienen wurde erhöht, ihre Form zweckentsprechender gewählt; an Stelle des Schmiedeeisens trat nach mancherlei Versuchen mit Kombinationen aus Eisen und Stahl, z. B. mit Stahlkopfschienen, welche zum größten Teile nicht befriedigend ausgefallen waren, und nach Erfindung und Ausbildung der Verfahrungsweisen zur Erzeugung von Flußmetall der Stahl als Schienenmaterial; die Länge der Schienen nahm von da ab rasch zu; den hölzernen Langschwellen, den Steinunterlagen und den hölzernen Rosten gegenüber behauptete die Querschwelle aus Holz siegreich das Feld, umsomehr als sie kräftiger bemessen und sorgfältig eingebettet wurde. Auch der Befestigung der Schienen auf den Unterlagen und den

Stoßverbindungen wurde erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Wenn hierbei der Oberbau in seiner Hauptanordnung keine wesentliche Änderung erfuhr, so wurde er doch in allen seinen Teilen vervollkommnet und verstärkt.

In den sechziger Jahren nahmen auch die Versuche mit dem sogenannten eisernen Oberbau einen entschiedenen Anlauf. Schon sehr früh waren Einzelunterlagen aus Gußeisen verwendet worden, von denen aber nur die Hohlkörper von Greave und die von ihnen abgeleiteten Formen bei Eisenbahnen in tropischen Gegenden dauernde Verwendung fanden. Von größerer Bedeutung als diese Konstruktionen sind die Gleisanlagen mit eisernen Querschwellen und Langschwellen. Erstere kamen ursprünglich in Belgien und Frankreich, letztere in England auf. Während man aber in diesen Ländern später von weiteren Versuchen abging, wurden solche seit Anfang der sechziger Jahre in Deutschland und auch in Österreich in sehr lebhafter Weise in Angriff genommen, um sich bis in die jüngste Gegenwart frisch und rege zu erhalten. Für den neuerdings in den Vordergrund tretenden Querschwellenoberbau aus Eisen ist die in Abb. 16 dargestellte Vautherin-Schwelle, die im Jahre 1864 auf einer französischen Bahn zur ersten Verwendung gelangte, als Grundform zu betrachten; für die Langschwellenkonstruktionen ist vor allem der Hilfsche zweiteilige Langschwellenoberbau (Abb. 17) maßgebend gewesen. Näheres hierüber gehört in das IV. Kapitel.

Abb. 16.

Abb. 17.



Eisenquerschwelle, System Vautherin. (Paris-Lyon-Mittelmeerbahn, 1866). 1 : 10.

Eisenlangschwelle, System Hilf. (Nassauische Bahn, 1867). 1 : 10.

Dem lebhafteren Verkehre der Eisenbahnen konnten auch die einfachen Signalmittel nicht mehr entsprechen, welche auf den ersten Bahnlinien für die Wahrung der Betriebssicherheit vollauf genügt hatten. Es war eine jener eigentümlichen Erscheinungen, die in der Geschichte der Erfindungen nicht selten überraschen, daß in die ersten Jahre des Eisenbahnwesens auch die ersten Entdeckungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik fallen, ohne welche die großartige Entwickelung des Eisenbahnbetriebes unmöglich gewesen wäre; anderseits darf man sich freilich nicht verhehlen, daß ohne die fortdauernden Anregungen von Seite der Eisenbahnen die Elektrotechnik auch niemals so rasch jenen hohen Grad der Vervollkommnung erreicht hätte, welchen sie heute zeigt. Die ersten Versuche, die Elektrizität in den Dienst des Eisenbahnbetriebes zu stellen, fallen in das Jahr 1840, um welche Zeit auf der Great-Western-Bahn der Fünfnadel-Telegraph von Cooke-Wheatstone zur Einführung gelangte; auf dem europäischen Festlande wurde dieser Apparat zuerst auf der schiefen Ebene zwischen Aachen und Ronheide (1843) angewendet. Morses Schreibtelegraph fand auf den hannoverischen Staatsbahnen schon im Jahre 1846 Eingang, seine weitere Verbreitung ging jedoch sehr langsam von statten; erst seit 1858 kann von einer allgemeinen Anwendung gesprochen werden. An Stelle der durchlaufenden Liniensignale mittels optischer Telegraphen, deren Zeichen von

Wärter zu Wärter weiter gegeben wurden und auf solche Weise die Ankunft eines Zuges meldeten oder auch eine andere Nachricht übermittelten, hatte Kramer nach den ersten aus dem Jahre 1846 herrührenden Versuchen des Berliner Uhrmachers Leonhard im Jahre 1847 für die Strecke Buckau-Magdeburg das erste Läutewerk eingerichtet, das, durch den elektrischen Strom ausgelöst, einzelne Glockenschläge gab und sich von selbst wieder einrückte. Diese Glockenläutewerke fanden später in Deutschland und Österreich rasch große Verbreitung. Zur Zugsdeckung benutzten die englischen Bahnen die Elektrizität seit Beginn der fünfziger Jahre; die ersten Blockeinrichtungen wurden ohne mechanischen Verschluß der Signale ausgeführt, sie dienten gleichsam nur zur Verständigung der Wärterposten unter einander. Hodgson war der erste, welcher (1877) die Blockapparate mit den Bahnzustandssignalen in mechanische Abhängigkeit brachte. Seitdem haben die Blockeinrichtungen vielfache und tiefgehende Verbesserungen, namentlich durch Siemens & Halske erfahren. Auf amerikanischen Bahnen stehen auch „automatische“ Blocksysteme in Anwendung. Daneben wurde die Elektrizität auch zu anderen, die Betriebssicherheit erhöhenden Leistungen herangezogen, wie zur Kontrolle über die Stellung von Weichen und Signalen, zu Verriegelungen solcher u. s. w.

In den sechziger Jahren begann die Ueberproduktion, welche alle Zweige der industriellen Thätigkeit beherrschte und nicht immer von einem durchaus reellen Geschäftsgeiste durchdrungen war, auch auf dem Gebiete des Eisenbahnbaues sich geltend zu machen. Es entstanden — und zwar öfters nur in der Hoffnung auf raschen, finanziellen Gewinn bei der Finanzierung und dem Baue — viele Eisenbahnen, bei denen alle Vorbedingungen für einen mit der Größe, Bedeutung und Kostspieligkeit der Anlage je in Einklang tretenden Verkehr fehlten. Die Nachteile, welche die Ausbreitung des Eisenbahnwesens für die vom Schienennetze entfernt liegenden Gegenden unstreitig im Gefolge hatte, traten jetzt nur um so greller hervor, da die Verschiebung des Verkehres oft mit großer Raschheit und ohne Rücksicht auf thatsächlich obwaltende Bedürfnisse und zwingende kommerzielle Notwendigkeit bewirkt wurde. Es war keine natürliche, sondern eine künstliche Entwickelung, die verhängnißvoll werden mußte. Der empfindliche Rückschlag, welcher thatsächlich auch der Ueberproduktion folgte, und die mit ihm verbundenen ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse drängten zur möglichen Ausgleichung der geschaffenen wirtschaftlich ungünstigen Situationen und dies war nur durch die Einführung der Lokomotive auch in kommerziell und industriell weniger bedeutende Gegenden möglich, wobei es aber als oberstes, unbedingt zu befolgendes Gebot erschien, den Bau und Betrieb dieser Eisenbahnen in Einklang mit der zu erhoffenden Größe des Verkehres zu bringen. Max Maria v. Weber hat im Hinblick auf diese Forderung sehr zutreffend von der Individualisierung der Eisenbahnen gesprochen. Die Mahnworte hervorragender Techniker und Nationalökonomen, wie Schwabe, Sorge, Plessner, Nördling, Bergeron u. a., fanden endlich in weiteren Kreisen Gehör und man schritt an die Herstellung billiger Bahnen mit einfachem, billigem Betriebe; man baute von nun an hauptsächlich Zufahrtsbahnen zu den Hauptbahnen, Saugadern der letzteren, Bahnen von örtlicher Bedeutung.

Wie mit den Hauptbahnen, so ging England auch mit den Lokalbahnen voraus. Das gebirgige Nordwales hatte schon im Jahre 1832 in der schmalspurigen Festiniogbahn die erste Eisenbahn erhalten, bei welcher Bau und Betrieb im Einklange mit der ausschließlich örtlichen Bedeutung der Bahnlinie standen; diese

Bahn fand später mehrere Nachfolger, namentlich in Schottland, wo sich bald Gesellschaften zum Baue einfacher, billiger Bahnen bildeten. Auch in Frankreich erfolgte frühzeitig die Anregung zur Herstellung solcher Bahnen, zu der man nach dem Vorschlage des Generalrates des Departements Niederrhein Gemeinden und sonstige Beteiligte heranzog; die erste Lokalbahn in Frankreich wurde 1864 eröffnet — 1865 erschien das erste Lokalbahngesetz. Fast zu derselben Zeit erhielten Norwegen und Schweden ihre ersten Nebenbahnen (1862 bezw. 1863); hier waren so recht alle Vorbedingungen für eine gedeihliche Entwickelung des Nebenbahnwesens gegeben: das gebirgige Gelände einerseits und die schwache, wenig begüterte Bevölkerung anderseits nötigten zur größten Sparsamkeit beim Baue und Betriebe der Bahnen, sollte das Land des Segens derselben überhaupt teilhaftig werden; namentlich war man in Schweden bemüht, die Eisenbahnen genau den örtlichen Verhältnissen anzupassen, weshalb hier auch sehr verschiedene Spurweiten bei den Bahnen zu finden sind. Von den deutschen Staaten erhielten Baden und Bayern die ersten Lokalbahngesetze (1869); in letzterem wurde bald darnach auch die erste staatliche Vicinalbahn eröffnet. Die thatkräftigste Durchführung des Lokalbahnprinzips in Deutschland erfolgte in Sachsen, wo Sorge und Plessner zu Anfang der siebziger Jahre nachdrücklich auf die Bedeutung der Sekundärbahnen hinwiesen und wo das System der Schmalspurbahnen zu weitgehender Anwendung und Ausbildung gelangte. In Sachsen-Weimar wurde 1878 die schmalspurige Feldabahn gebaut, welche ihrer geringen Herstellungskosten (18 000 *M.* f. d. km) und ihrer günstigen Ergebnisse wegen auf dem Gebiete des Lokalbahnwesens eine nachhaltige Anregung ausübte. In Preußen verhielt man sich den Lokalbahnen gegenüber lange abweisend; erst vom Jahre 1879 an behandelte man dieselben wohlwollender; namentlich brachte die Verstaatlichung der Hauptbahnen für sie bessere Tage. In Österreich lenkte die finanzielle Krise des Jahres 1873 mit gewaltigem Nachdrucke die Aufmerksamkeit der maßgebenden Kreise auf das Lokalbahnwesen, das im Jahre 1880 auch die erste gesetzliche Regelung erfuhr.

Verhältnismäßig die meisten Lokalbahnen besitzt die Schweiz; ganz besondere Entwickelung und Ausbildung fanden in diesem Gebirgslande die dem Touristenverkehre gewidmeten Bergbahnen, für welche die verschiedenartigsten Systeme zur Anwendung gelangten; die Schweiz wurde auch die eigentliche Heimat der Zahnradbahnen. Im Gegensatze hiezu fanden in Italien und in den Niederlanden — welche Staaten weitverzweigte Netze gut gebauter Straßen besitzen — die bequemen und billigen Dampfstraßenbahnen Bevorzugung und Pflege.

Seit etwa einem Jahrzehnt erfreut sich das Lokalbahnwesen in allen Kulturstaaten der lebhaften Fürsorge der Regierungen; man sucht durch die gesetzliche Regelung der von Staatswegen zu gewährenden Begünstigungen und Erleichterungen, sowie durch direkte und indirekte finanzielle Unterstützungen das Privatkapital für den Lokalbahnbau zu gewinnen und auch die zunächst beteiligten Kreise zur Selbsthilfe anzueifern. Dabei ist man fortwährend bemüht, zwischen den Anlage- und Betriebskosten einerseits und der Bedeutung, beziehungsweise den zu erhoffenden Verkehrseinnahmen der Bahn anderseits ein thunlich günstiges Verhältnis herzustellen. Auf solche Weise erwuchs und erwächst noch heute, wie für die nächste Zukunft der Eisenbahntechnik eine Fülle neuer Aufgaben, welche vornehmlich in der Forderung gipfeln: den Bau und Betrieb einfach, billig und in jedem einzelnen Falle vollkommen zweckentsprechend zu gestalten.

Aber der Gegenwart bleibt auch die Fortentwickelung des Hauptbahnwesens nicht ferne. Die Forderung nach erhöhter Leistungsfähigkeit bei thunlicher Verminderung der Beförderungspreise stellt den Eisenbahntechniker vor eine Reihe wichtiger Fragen, wie die Erhöhung der Arbeitskraft der Lokomotiven ohne Vergrößerung der Raddrücke, die Steigerung ihres Wirkungsgrades, die Verstärkung des Oberbaues und der Brücken, die Selbstthätigkeit der Signale, die Einführung des elektrischen Betriebes u. s. w.

Nachstehende Uebersichten geben ein Bild der beständig fortschreitenden Entwickelung des Eisenbahnwesens, deren Verschiedenheit in den wichtigeren Staaten Europas aus den angefügten zeichnerischen Darstellungen (Abb. 18 und 19 auf S. 36) noch deutlicher hervortritt.

Tabelle.

Länge der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen in Kilometer.

Zu Ende des Jahres	1835	1845	1855	1865	1875	1885	1893
Europa	673	8 233	34 185	75 882	142 494	195 833	238 553
Amerika	1 282	7 683	32 417	62 534	134 098	249 246	360 415
Asien	—	—	350	5 489	11 332	22 285	38 788
Afrika	—	—	144	755	2 576	7 032	12 384
Australien	—	—	38	825	5 738	12 947	21 030
Zusammen	1 955	15 916	67 134	145 485	296 238	487 343	671 170

Tabelle.

Entwickelung der Eisenbahnen in den wichtigeren Staaten Europas.

Länge der Bahnen in km zu Ende der Jahre:

	1835	1845	1855	1865	1875	1885	1893	Eröffnung der ersten Bahn	Es entfallen Ende 1893 auf 100 qkm Bahnen km	je 10 000 Einw. Bahnen km	
Deutschland	6	2 315	8 352	14 762	28 087	37 572	44 842	1835	8,3	8,8	
Österr.-Ungarn u. Bosnien.	—	728	2 145	5 858	16 860	22 789	29 160	1838	4,3	6,8	
Großbritannien u. Irland	471	3 277	13 411	21 382	26 803	30 843	33 219	1829	10,5	8,6	
Frankreich	176	883	5 535	13 562	21 547	32 491	39 357	1838	7,8	10,3	
Italien	—	157	1 211	4 374	7 709	10 484	14 184	1839	4,9	4,5	
Niederlande	—	153	314	694	1 132	2 438	3 096	1839	8,5	6,3	
Belgien	20	576	1 349	2 254	3 499	4 409	5 473	1835	18,5	8,8	
Rußland u. Finnland	—	144	1 048	3 940	19 584	26 847	33 451	1838	0,6	3,3	
Schweden u. Norwegen	—	—	68	1 555	4 230	8 354	10 394	1854	1,9 0,5	18,2 8,1	Schw. Norwg.
Dänemark	—	—	30	419	1 266	1 942	2 231	1846	5,7	9,7	
Spanien	—	—	475	4 823	6 134	8 933	11 435	1843	2,2	6,5	
Portugal	—	—	37	700	919	1 529	2 340	1854	2,5	5,0	
Schweiz	—	2	210	1 322	1 986	2 854	3 447	—	8,2	11,6	
Türkei-Bulgarien-Rumelien	—	—	—	66	1 234	1 394	1 765	—	0,7	2,0	

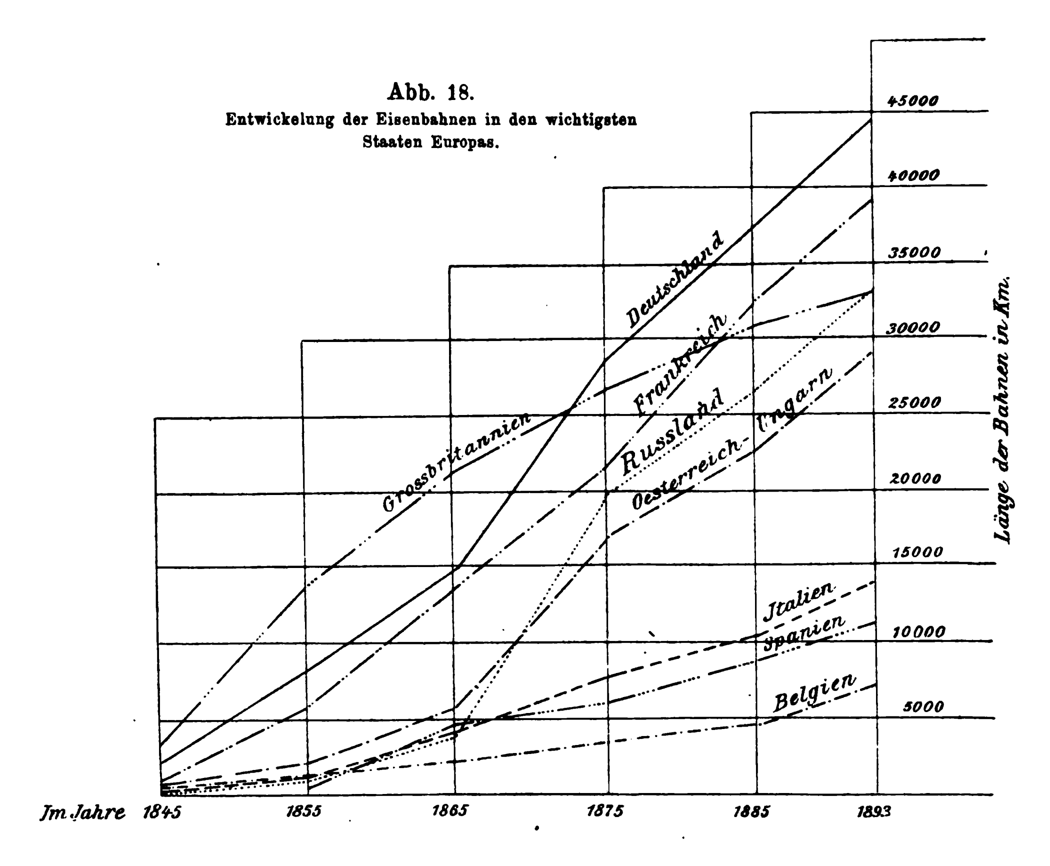


Abb. 18.
Entwickelung der Eisenbahnen in den wichtigsten Staaten Europas.

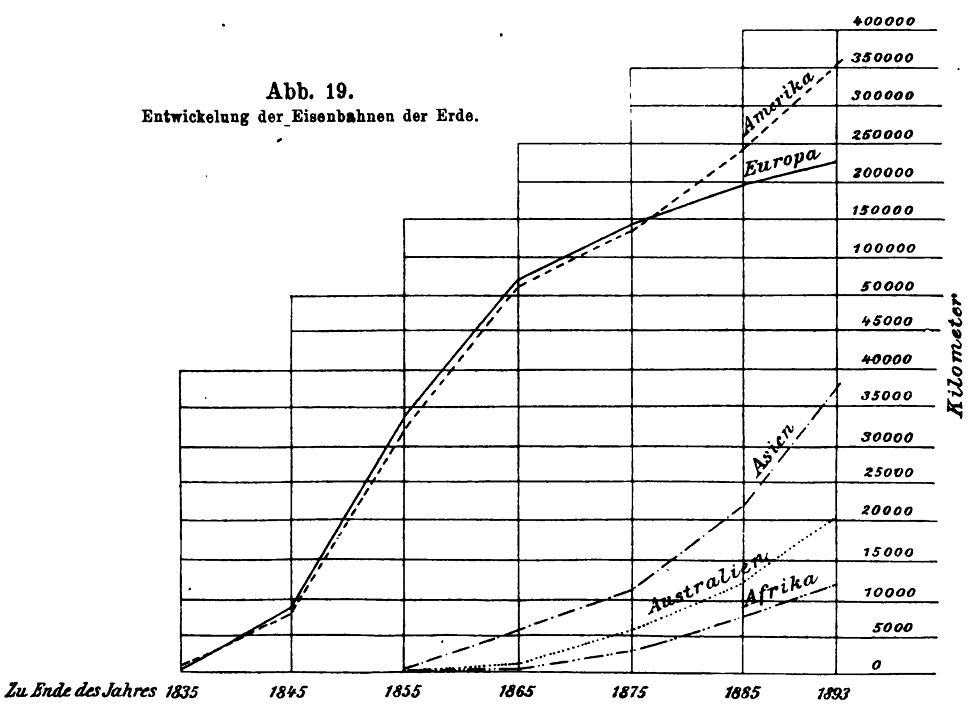


Abb. 19.
Entwickelung der Eisenbahnen der Erde.

§ 11. Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. — Einen mächtigen Förderer finden alle, auf den unablässigen Fortschritt der Eisenbahntechnik und des Eisenbahnwesens überhaupt gerichteten Bestrebungen in dem „Vereine Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“, der in seiner Organisation, in seiner Thätigkeit und in seinen Leistungen auf dem fraglichen Gebiete unerreicht dasteht und dessen Bedeutung auch weit über die Grenzen des Vereinsgebietes hinaus allgemein und rückhaltlos anerkannt wird. Friedrich List, der berühmte Nationalökonom, welcher zuerst für den nationalen Gedanken der deutschen Handels- und Verkehrseinheit in Wort und That eingetreten ist, hat auch zuerst, und zwar schon im Jahre 1836, durch das von ihm begründete deutsche Eisenbahnjournal die Vereinigung sämtlicher Eisenbahnverwaltungen und Komitees angeregt. Der Vorschlag blieb damals unbeachtet, aber zehn Jahre später, am 10. November 1846, bildete sich auf Einladung der Berlin-Stettiner Eisenbahnverwaltung der „Verband preußischer Eisenbahndirektionen“ mit dem Ziele der Förderung des eigenen Interesses und desjenigen des Publikums durch gemeinsame Beratungen und gemeinsames Handeln. Schon im nächsten Jahre erweiterte sich dieser Verband zum „Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“, welcher alle in Deutschland domizilierenden Eisenbahnen umfaßte; die Gründung dieses Vereines fand in der vom 29. November bis 2. Dezember 1847 in Hamburg abgehaltenen Generalversammlung statt; bei seiner Gründung traten ihm 40 Verwaltungen mit rund 4000 km Betriebslänge bei. Der Verein schob bald seine Grenzen über das deutsche Bundesgebiet hinaus, indem er 1858 allen Eisenbahnverwaltungen, welche ihr Domizil in einem zum deutschen Bundesgebiete gehörigen, oder in einem, unter einer deutschen Bundesregierung stehenden Lande hatten, und im Jahre 1864 auch nichtdeutschen Bahnen, die aber mit deutschen Bahnen im gegenseitigen unmittelbaren Transportverkehre sich befinden, die Aufnahme in den Verein unter gewissen Voraussetzungen und Bedingungen ermöglichte. So umfaßte der Verein Ende März des Jahres 1896 ein Netz von 80 998,11 km, und zwar 44 979,08 km deutsche Bahnen, 29 279,65 km österreichisch-ungarische Bahnen, 6 739,38 km luxemburgische, niederländische und andere (bosnische, belgische, rumänische, schweizerische und russisch-polnische) Vereinsbahnen, während 18 Verwaltungen ohne Stimmrecht mit einer Gesamt-Betriebslänge von 522,29 km dem Vereine angeschlossen waren. Gegenstände der Beschlußfassung bilden alle Angelegenheiten, welche von einer der vereinigten Verwaltungen dazu für geeignet erachtet werden. Zur Vorberatung sind besondere, zumeist ständige Ausschüsse berufen; solche bestehen für Angelegenheiten 1) des Güterverkehres, 2) des Personenverkehres, 3) der gegenseitigen Wagenbenutzung, 4) der Statistik, 5) für die Vereinssatzungen, 6) für die Vereinszeitung, weiter bestehen noch ein Preisausschuß und der Technikerausschuß, auf den wir noch zurückkommen werden. Falls den Ausschüssen seitens der Vereinsversammlung die Vollmacht zur endgiltigen Entscheidung erteilt ist, sind deren Beschlüsse sofort bindend, andernfalls aber nur dann, wenn ihnen nicht binnen einer Frist von acht Wochen von einem Zehntel sämtlicher Vereinsstimmen widersprochen ist. Die Versammlungen des Vereins finden alle zwei Jahre statt; jedem Vereinsmitgliede gebührt nach Maßgabe der Länge der seiner Betriebsleitung unterstellten Vereinsbahnstrecken ein Stimmrecht in der Art, daß demselben bei einer Gesamtlänge bis zu 100 km 1 Stimme, bis zu 250 km 2 Stimmen, bis zu 400 km 3, bis zu 600 km 4, bis zu 900 km 5, bis zu 1 200 km 6, bis zu 1 500 km 7, bis zu 2 000 km 8 Stimmen und für jede weitere angefangene Strecke von 500 km

eine Stimme mehr zusteht. Die Versammlung beschließt im allgemeinen mit Stimmenmehrheit; die Beschlüsse über Tarifangelegenheiten bedürfen der Genehmigung sämtlicher Verwaltungen. Seit 1. Juli 1861 erscheint, nachdem im Jahre 1860 die Gründung einer selbständigen Vereinszeitung beschlossen worden war, im Selbstverlage des Vereins die „Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen", welche neben den offiziellen Verlautbarungen auch kürzere und längere Mitteilungen und Abhandlungen über Eisenbahnbau- und Betrieb, über Eisenbahnvolkswirtschaft, Statistik, Gesetzgebung, Eisenbahngeschichte u. s. w. veröffentlicht, während die technischen Fragen des Eisenbahnwesens in dem „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung", das seinerzeit von Heusinger von Waldegg begründet und im Jahre 1864 zur Zeitschrift des Vereins erhoben wurde, ihre streng sachliche Erörterung finden.

Die Wirksamkeit des Vereins erstreckt sich auf alle Gebiete des Eisenbahnwesens; als Richtschnur dient das, vielleicht auf keinem anderen Gebiete so berechtigte Bestreben, das gesamte Eisenbahnnetz des Vereins bei Berücksichtigung aller in den örtlichen Verhältnissen begründeten Eigenheiten und ohne Verletzung wesentlicher Interessen streng einheitlich zu behandeln, d. h. gemeinsame Einrichtungen für den Personen- und Güterverkehr zu schaffen und alle jene Schwierigkeiten und Nachteile zu beseitigen, welche das Bestehen zahlreicher verschiedener Eisenbahnverwaltungen für diese selbst wie auch für das Publikum im Gefolge haben. Als solche Errungenschaften des Vereins verdienen besonders hervorgehoben zu werden: Die Schaffung eines einheitlichen Reglements für Güterverkehr der Vereinsbahnen (1. Juli 1850) und für die Beförderung von Personen, Reisegepäck, Leichen, Fahrzeugen und lebenden Tieren (15. April 1865); die Einführung des direkten Güterverkehres auf den Vereinsbahnen (vom 1. Mai 1884 an); die Gründung eines Tarifverbandes (1869), aus welchem im Jahre 1886 der deutsche Eisenbahnverkehrs-Verband hervorging, welcher sich die „Fortbildung der die Beförderung von Personen und Gütern betreffenden Dienstzweige, sowie Herbeiführung einer thunlichen Übereinstimmung der hierauf bezüglichen Vorschriften, insbesondere über das Abfertigungs- und Abrechnungsverfahren" zur Aufgabe gestellt hat und dem fast sämtliche deutsche und einige niederländische Bahnen angehören; die Einführung des Regulativs für die gegenseitige Wagenbenutzung (1855), welches wiederholte Ergänzungen und Verbesserungen erfuhr; die gleichmäßige formelle Einrichtung der Fahrpläne; die Begründung des Institutes der Rundreisebillets u. s. w.

Betreffen alle diese Schöpfungen vorwiegend oder fast ausschließlich den Verkehr auf Eisenbahnen, insofern er die weiteren Bedürfnisse des Publikums und der Verwaltungen berührt, so hat der Verein auch auf jenem Gebiete, welches vor allem das Interesse des Ingenieurs beansprucht, auf dem Gebiete der Eisenbahn-Bau- und Betriebstechnik eine Wirksamkeit entfaltet, welche in Bezug auf ihren tiefgehenden und nachhaltigen Einfluß wohl unerreicht dasteht. Diesen Einfluß erlangte und behauptete der Verein durch die Verwirklichung des ebenso glücklichen als fruchtbaren Gedankens, die hervorragenden und erfahrenen Techniker aller ihm angehörigen Eisenbahnverwaltungen in einer Kommission zu vereinigen, welcher die Aufgabe obliegt, die Bestrebungen des Vereins auf Einführung übereinstimmender Einrichtungen für Bau und Betrieb nach Thunlichkeit zu verwirklichen. Diese Technikervereinigung, deren erste Einberufung auf der am 19. Oktober 1849 in Wien abgehaltenen Generalversammlung beschlossen wurde, und welche im Laufe

der Zeit bei allen wichtigeren Veranlassungen, zuletzt regelmäßig alle 2—3 Jahre zusammentrat, bot als Ergebnis ihrer ersten Beratungen, die in der Zeit vom 18. bis 27. Februar 1850 unter Vorsitz der Bauräte Mohn und Neuhaus in Berlin stattfanden, die „Grundzüge für die Gestaltung der Eisenbahnen Deutschlands" und „Einheitliche Vorschriften für den durchgehenden Verkehr auf den bestehenden Vereinseisenbahnen". Zugleich wurde die Gründung eines „Vereins der deutschen Eisenbahntechniker" beschlossen[12]. Sie erfolgte durch schriftliche Verpflichtung der Teilnehmer. Übrigens ist die Körperschaft der Techniker des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen in der von den Gründern angestrebten geschlossenen Form nicht wieder in die Erscheinung getreten. Der

Lfd. Nr.	Zeit		Ort	Beratungsgegenstände
	Jahr	Monat und Tag		
1.	1850	18. bis 27. Februar	Berlin	Aufstellung der „Grundzüge" und „Einheitlichen Vorschriften", Gründung des Vereins Deutscher Eisenbahntechniker.
2.	1857	23. bis 26. Mai	Wien	Prüfung und Neufassung der „Grundzüge" und „Einheitlichen Vorschriften", Beratung technischer Fragen.
3.	1865	11. bis 16. September	Dresden	Prüfung und Neufassung der „Grundzüge" und „Einheitlichen Vorschriften" als „Technische Vereinbarungen", Beratung technischer Fragen.
4.	1868	28. bis 30. September	München	Beratung technischer Fragen.
5.	1871	26. bis 29. Juni	Hamburg	Prüfung und Neufassung der technischen Vereinbarungen.
6.	1874	14. und 15. September	Düsseldorf	Beratung technischer Fragen.
7.	1876	26. bis 28. Juni	Constanz	Prüfung und Neufassung der technischen Vereinbarungen für Hauptbahnen, desgl. der Grundzüge für den Bau und Betrieb der Sekundärbahnen, Aufstellung einer Statistik über die Dauer der Schienen, Klassifikation von Eisen und Stahl, Beratungen über technische Fragen.
8.	1878	18. bis 20. Juni	Stuttgart	Klassifikation von Eisen und Stahl, Beratungen über technische Fragen.
9.	1882	19. und 20. Mai	Graz	Prüfung und Neufassung der technischen Vereinbarungen.
10.	1884	14. und 15. Juni	Berlin	Beratung über technische Fragen.
11.	1886	28. bis 30. Juli	Salzburg	Aenderung der §§ 185 und 186 der technischen Vereinbarungen, Beratung der Grundzüge für den Bau und Betrieb der Neben- und Lokaleisenbahnen.
12.	1888	19. und 20. Juni	Constanz	Prüfung und Neufassung der technischen Vereinbarungen.
13.	1890	27. Mai bis 1. Juni	Berlin	Aenderung des § 117a der technischen Vereinbarungen, Prüfung und Neufassung der Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Nebeneisenbahnen und Lokaleisenbahnen.

Zusammentritt der „Technikerversammlungen" ist stets nur auf Beschluß der Generalversammlung oder auf Veranlassung der geschäftsführenden Verwaltung des Vereins erfolgt; ihre Thätigkeit war zunächst eine begutachtende; die Beschlußfassung lag in den Händen der technischen Kommissionen des Vereins. Seit 1892 kann sich jedoch der Ausschuß für technische Angelegenheiten im Bedarfsfalle zur Techniker-

[12]) Rückblick auf die Thätigkeit der Technikerversammlungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen 1850—1890.

versammlung erweitern, an der sämtliche Vereinsmitglieder teilzunehmen berechtigt sind. Das vorstehende Verzeichnis, das der zur 40jährigen Gedächtnisfeier der Gründung des Vereins erschienenen Festschrift entnommen ist, giebt ein Bild der Thätigkeit, welche diese Technikerversammlungen entwickelten.

Seither haben noch Versammlungen im Jahre 1893 in Straßburg und im Jahre 1896 in Budapest stattgefunden. Auf den Tagesordnungen dieser Versammlungen standen Beratungen technischer Fragen und Änderungen einiger Bestimmungen der technischen Vereinbarungen.

Wie man sieht, waren die Prüfung und zeitgemäße Weiterbildung der von der ersten Technikerversammlung beschlossenen „Grundzüge“ und „Einheitlichen Vorschriften“ wiederholt Gegenstand der Beratungen. In der Technikerversammlung im Jahre 1865 wurden diese beiden Publikationen zu einem einzigen Werke zusammengefaßt, das unter dem Titel: „Technische Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Eisenbahnen“ erschien und dessen Bestimmungen zum Teile allgemein verbindliche, zum Teile auch nicht bindende sind. In den späteren Versammlungen wurden einzelne Bestimmungen dieser Vereinbarungen auf Grund längerer eingehender Untersuchungen und Erörterungen durch besondere Ausschüsse abgeändert. Im Jahre 1876 wurden auch besondere Grundzüge für den Bau und Betrieb von Sekundärbahnen aufgestellt, die im Jahre 1886 eine gründliche Umarbeitung erfuhren. Besonders erwähnenswert sind die Bemühungen der Technikerversammlungen um die Schaffung einer zuverlässigen Statistik über verschiedene wichtige Zweige der Eisenbahntechnik, so über die Dauer der Schienen in den Hauptgleisen der Bahnen, über die auf den Bahnen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen vorgekommenen Achsbrüche und Achsanbrüche sowie Radreifenbrüche, über die Ergebnisse der von den Vereinsverwaltungen mit Eisenbahnmaterial angestellten Güteproben. Große Verdienste erwarben sich die Techniker des Vereins um die Lösung schwebender Fragen von hervorragender Bedeutung, wie derjenigen über den Widerstand der Fahrzeuge bei ihrer Fortbewegung, weiter um die Einführung des metrischen Maßes und Gewichtes, die Klassifikation von Eisen und Stahl u. s. w. Neben der Beratung einheitlicher technischer Vorschriften beschäftigen sich die Technikerversammlungen vornehmlich mit der Erörterung wichtiger technischer Fragen des Eisenbahnwesens. Die zur Beratung zu stellenden Fragen werden seitens eines ständigen technischen Ausschusses ausgewählt und durch die jeweilige geschäftsführende Verwaltung den sämtlichen Vereinsverwaltungen zur Abgabe ihrer Gutachten oder Mitteilung der vorliegenden Erfahrungen zugestellt. Die einlaufenden Antworten dienen sodann dem technischen Ausschusse zur Verfassung der Gutachten, welche nach Genehmigung seitens der Technikerversammlung durch das „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung“ zur allgemeinen Kenntnis der Fachleute gebracht werden. Diese Berichte gewähren in allen ihren Einzelheiten eine getreue Geschichte der Eisenbahntechnik, welche es ermöglicht, die bedeutendsten Fortschritte im Eisenbahnwesen bis auf ihren eigentlichen Ursprung zurückzuverfolgen. „Für die Geschichtsschreibung der Eisenbahntechnik in Deutschland und im ganzen Vereinsgebiete werden diese Berichte dereinst die maßgebende Grundlage bilden.“ Von den bedeutendsten Gegenständen, die sie behandeln, seien erwähnt: Einführung des Stahls als Konstruktionsmaterial für Schienen, Radreifen und Achsen, des eisernen Oberbaues, der englischen Weichen, der Weichensicherungen, des höheren Dampf-

druckes, der Dampfstrahlpumpen und Bremsen der Lokomotiven, der verschiedenen Einrichtungen der Personenwagen, der verbesserten Radreifenbefestigungen, der Flußstahlscheibenräder, der durchgehenden Bremsen.

Seit dem Jahre 1861 erläßt der Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen Preisausschreibungen für Verbesserungen im Bau und Betriebe der Eisenbahnen, in der Konstruktion der Fahrbetriebsmittel, für schriftstellerische Arbeiten über einschlägige technische Fragen u. s. w. und fördert hierdurch in hohem Grade die Entwickelung des Eisenbahnwesens. So bildete der Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen in vergangenen Tagen, so bildet er heute und wohl auch noch auf lange Zeit hinaus die mächtigste Stütze und die sicherste Gewähr für den unermüdlichen Fortschritt auf allen Gebieten des Eisenbahnwesens.

§ 12. Einteilung der Eisenbahnen in verschiedenen Ländern. — Bei der großen Vervollkommnung, welche die Eisenbahn-Bau- und Betriebstechnik in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraume erreicht hat, ist es heute möglich, jede Eisenbahn den jeweilig obwaltenden örtlichen, volkswirtschaftlichen und finanziellen Verhältnissen anzupassen. So ist es gekommen, daß die Eisenbahnen in Bau und Betrieb eine Abstufung von den großartigsten Weltbahnen bis hinab zu den bescheidensten Straßenbahnen aufweisen und scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Gattungen nicht wohl gezogen werden können. Aus diesem Grunde ist es auch sehr schwierig oder streng genommen unmöglich, eine allgemeine Klassifizierung der Eisenbahnen aufzustellen. Ja es ist überhaupt schon die Frage aufgeworfen worden, ob eine solche zweckmäßig und notwendig sei. Für die Gesetzgebung, soweit sie das Eisenbahnwesen betrifft, ist eine Einteilung jedenfalls wünschenswert und in gewissem Sinne unerläßlich. Aber gerade hier sind die Schwierigkeiten sehr bedeutende und es besteht auch bisher noch keine allgemein anerkannte Klassifikation. Wohl sind in den meisten Eisenbahnstaaten gesetzliche Einteilungen durchgeführt; die Begriffsbestimmungen für die einzelnen Arten sind jedoch sehr verschieden; vielfach ist eine solche ganz vermieden und wird die Einreihung einer projektierten Bahnlinie durch die Behörden unter Berücksichtigung aller einschlägigen Verhältnisse auf Grund der zu erhebenden Bedeutung der Bahn nach dem Sinne der Gesetze vorgenommen.

In Deutschland unterscheidet man gemäß Bahnpolizeireglement und Bahnordnung für Bahnen untergeordneter Bedeutung: Hauptbahnen und (normal- und schmalspurige) Bahnen untergeordneter Bedeutung. Welche Bahn als solche untergeordneter Bedeutung zu betrachten und zu behandeln ist, hängt von der Entschließung der zuständigen Landesbehörde und der Zustimmung des Reichseisenbahnamtes ab. Mit Gesetz vom 28. Juli 1892 wurde in Preußen der Begriff Kleinbahnen eingeführt; hierunter sind alle jene Bahnen verstanden, welche wohl dem öffentlichen Verkehre dienen, aber wegen ihrer geringen Bedeutung dem Gesetze über die Eisenbahnunternehmungen vom 3. November 1838 nicht unterliegen. Ob die Voraussetzung dieses Gesetzes vorliegt, entscheidet das Staatsministerium. Die Bahnen untergeordneter Bedeutung haben in den verschiedenen außerpreußischen Staaten verschiedene Bezeichnungen erhalten; in Bayern wurden sie früher als „Vicinalbahnen“, später als „Lokalbahnen“ ausgeführt, in Baden nennt man sie Lokal-, Zweig- und Verbindungsbahnen, in neuerer Zeit Lokal- und Nebenbahnen, in Hessen Nebenbahnen u. s. w. In Österreich werden seit 1. Januar 1895 Hauptbahnen, Lokalbahnen und Kleinbahnen (Tertiärbahnen) unterschieden. Für die Lokalbahnen ist keine Erklärung ihrer Eigenart gegeben; sie erscheinen in dem bezüglichen Gesetze nur

durch die in Klammern beigefügten Worte: „Sekundärbahnen“, „Vicinalbahnen“ u. dgl. näher bezeichnet; Lokalbahnen von größerer Bedeutung werden als Hauptbahnen II. Ranges aufgeführt. Unter Kleinbahnen (Tertiärbahnen) versteht das österreichische Gesetz jene für den öffentlichen Verkehr bestimmten Lokalbahnen, welche für den allgemeinen Eisenbahnverkehr von geringer Bedeutung sind (normal-, schmalspurige Zweigbahnen, Straßenbahnen mit Dampf- oder elektrischem Betriebe, mit anderen mechanischen Motoren oder animalischer Kraft, Seilbahnen etc.); in der Regel sind Kleinbahnen solche Bahnen, die hauptsächlich den örtlichen Verkehr in einer Gemeinde oder zwischen benachbarten Gemeinden vermitteln, sowie alle Bahnen, die nicht mit Dampf betrieben werden. Die Einreihung einer Bahn in die eine oder andere Gruppe hängt von der Entschließung der zuständigen Behörde ab. In Ungarn besteht ein Gesetz über Eisenbahnen von lokalem Interesse und wird ein besonderes Gesetz über: „Gemeindebahnen“ d. s. Bahnen, die nicht über wenige Gemeinden hinaus gehen, vorbereitet; hierdurch wäre ebenfalls eine Dreiteilung der Eisenbahnen geschaffen. In Frankreich kennt man auf Grund der gesetzlichen Regelung: Chemins de fer d'intérêt général (Eisenbahnen von allgemeiner Bedeutung), Chemins de fer d'intérêt local (Eisenbahnen von örtlicher Bedeutung) und Tramways (Straßenbahnen). In Belgien besteht die gleiche Einteilung, nur spricht man hier von Vicinalbahnen anstatt von Lokalbahnen. Auch in Holland unterscheidet man Haupt-, Lokal- und Trambahnen. Italien hat noch keine eigentliche gesetzliche Klassifikation; nach einer älteren Zirkularverfügung werden neben den Hauptbahnen noch ferrovie economiche — Lokalbahnen mit eigenem Bahnkörper — und tramvie a vapore — Dampfstraßenbahnen — unterschieden; ein neuer, in Beratung stehender Gesetzentwurf spricht in Bezug auf die Nebenbahnen von ferrovie economiche und tramvie a trazione meccanica (Straßenbahnen mit Maschinenbetrieb). In Spanien hat die Dreiteilung der Eisenbahnen nicht Eingang gefunden; alle Bahnen, welche nicht in das Netz der Eisenbahnen von allgemeinem Interesse fallen, werden als Sekundärbahnen bezeichnet. In England hat sich neben den Hauptbahnen der Begriff der „light railways“ eingebürgert, während in Schottland und Irland durch Parlamentsakte, welche neben den Hauptbahnen und den light railways auch tramways kennen, die Dreiteilung zur Geltung gelangte.

§ 13. Verschiedene Standpunkte bei Einteilung der Eisenbahnen. — Man sieht, daß es in allen Staaten hauptsächlich die Entwickelung des Nebenbahnwesens war, welche zu einer gesetzlichen Klassifikation der Eisenbahnen drängte, die aber auch andererseits durch weitgehende „Individualisierung“ diese Einteilung erschwerte und die genaue Begriffsbestimmung der einzelnen Eisenbahngruppen eigentlich unmöglich machte. Sobald man die Bedürfnisse der Gesetzgebung außer Augen läßt, eröffnet sich eine Reihe von Standpunkten für die Klassifikation der Eisenbahnen und diese gestaltet sich ganz verschiedenartig je nach der Wahl des Standpunktes und je nach dem Zwecke, welcher mit der Einteilung verbunden wird. Solange hierbei eine bestimmte, ihrem Wesen nach scharf umgrenzte Grundlage festgehalten wird, bleibt auch die Einteilung eine bestimmte und unbestreitbare. Es ist dies der Fall bei der Einteilung nach Verkehrszwecken (Öffentliche Bahnen, private Bahnen, Stadtbahnen, Schleppbahnen, Fabrikbahnen, Militärbahnen, Touristenbahnen u. s. w.), desgleichen nach Eigentümern (Staats-, Privat-, Landes-, Kreis-, Gemeindebahnen u. s. w.), oder nach der Lage zu anderen Bahnen (Anschlußbahnen, Zweig-, Flügelbahnen, Verbindungsbahnen, Parallelbahnen u. s. w.).

Anders liegen die Verhältnisse, wenn die Einteilung von einem Standpunkte aus erfolgt, der selbst wieder verschiedene Gesichtspunkte zuläßt. Dies tritt bei der Gruppierung der Bahnen in technischer Beziehung scharf hervor, weil es hier möglich ist, verschiedene charakteristische Eigenheiten der Bahnen, die aber bei den einzelnen Linien in verschiedener Verbindung auftreten, als Unterscheidungszeichen zu wählen. Der „Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen" hat versucht, alle Bahngattungen in drei Gruppen zusammenzufassen; er unterscheidet:

1. Hauptbahnen, für welche keine weitere Begriffsbestimmung gegeben wird;

2. Nebenbahnen, dies sind jene normalspurigen Eisenbahnen, welche zwar in ihrem Oberbau mit den Hauptbahnen im wesentlichen übereinstimmen, auf welche daher sowohl Lokomotiven als Wagen der Hauptbahnen übergehen können, bei denen aber die Fahrgeschwindigkeit von 40 km in der Stunde an keinem Punkte der Bahn überschritten werden darf und für welche, dem auf ihnen zu führenden Betriebe entsprechend, erleichternde Bestimmungen Platz greifen dürfen;

3. Normal- oder schmalspurige Lokalbahnen, welche dem öffentlichen Verkehre, jedoch vorwiegend dem Ortsverkehre zu dienen haben, mittels Dampfkraft durch Reibungsmaschinen betrieben werden, bei welchen ferner der größte Raddruck in der Regel nicht mehr als 5000 kg beträgt und die Fahrgeschwindigkeit von 30 km in der Stunde an keinem Punkte der Bahn überschritten werden darf.

Diese Einteilung erscheint insofern beachtenswert und zutreffend, als sie vorwiegend auf die Größe der Fahrgeschwindigkeit Rücksicht nimmt und im engen Zusammenhange mit der technischen Anlage und der volkswirtschaftlichen Bedeutung, wie auch zum Teile mit der juridischen Behandlung der Bahnen steht; sie entspricht aber doch eigentlich nur den besonderen Bedürfnissen des genannten Vereins, weil alle Bahnen, die nicht auf der Anwendung der Dampfkraft und der Ausnutzung der Reibung zwischen Treibrädern und Schienen beruhen, ausgeschlossen erscheinen. Nachdem aber derzeit namentlich die Elektrizität und die Zahnstange im Betriebe der Eisenbahn bereits eine wichtige Rolle spielen und ihnen jedenfalls noch eine weit größere Zukunft bevorsteht, so kann diese Einteilung doch wohl nicht als eine solche allgemeiner Art angesehen werden.

Was die von einzelnen Fachschriftstellern vorgeschlagenen Einteilungen anbelangt, so sind diese ebenfalls, je nach dem Standpunkte, den jene in den betreffenden Abhandlungen einnehmen, sehr verschieden.

Vom technischen Standpunkte aus unterscheidet v. Weber („Über den staatlichen Einfluß auf die Entwickelung der Eisenbahnen niederer Ordnung", 1878):

1. Eisenbahnen mit normalem Spur- und Geschwindigkeitsmaße,
2. Eisenbahnen mit normalem Spur- und minderem Geschwindigkeitsmaße,
3. Eisenbahnen mit minderem Spurmaße und
4. Straßenbahnen.

Ulrich („Archiv für das Eisenbahnwesen" 1884) hält diese Einteilung nicht für ganz zutreffend und glaubt, daß richtiger zu unterscheiden wären:

1. Eisenbahnen erster Ordnung oder Vollbahnen mit normaler Spur und Ausrüstung für alle Verkehrsgattungen, namentlich auch für den Schnellzugsverkehr,

2. Eisenbahnen zweiter Ordnung oder untergeordneter Bedeutung, die mit normaler oder auch mit schmaler Spur ausgeführt sein können.

Auf volkswirtschaftlichen Anschauungen ist die von Sax („Die Verkehrsmittel in Volks- u. Staatswirtschaft", 1878) vorgeschlagene Einteilung begründet; sie unterscheidet:

1. Hauptbahnen oder Bahnen erster Ordnung, welche die Brennpunkte des politischen, sozialen und wirtschaftlichen Lebens verbinden;

2. Nebenbahnen oder Bahnen zweiter Ordnung, welche die Verbindung untergeordneter, doch immerhin ausgedehnter Teile des Staatskörpers mit dem Netze der Hauptbahnen herstellen;

3. Vicinal- oder Lokalbahnen oder Bahnen dritter Ordnung, welche ausschließlich für die örtlichen Verkehrszwecke innerhalb einiger Wirtschafts- und Gesammtlebenskreise berechnet sind.

Da sich die Bedeutung einer Eisenbahn und ihr volkswirtschaftlicher Wert wohl zunächst in der Größe des von ihr zu bewältigenden Verkehres ausdrückt und diese wieder auf den Bau, die Ausrüstung und den Betrieb der Bahn Einfluß nimmt, so liegt es nahe, die Einteilung der Eisenbahnen eben im Hinblicke auf die Größe der Verkehrsbewegung vorzunehmen. Auf dieser Grundlage unterscheidet Haushofer („Grundzüge des Eisenbahnwesens“, 1875):

1. Bahnen für den durchgehenden Verkehr mit starker Verkehrsbewegung (Hauptbahnen ersten Ranges, Primärbahnen),

2. Bahnen für den durchgehenden Verkehr mit schwacher Verkehrsbewegung,

3. Lokalbahnen mit starkem Verkehr und

4. Lokalbahnen mit schwachem Verkehr.

Allerdings sind hierin die Bezeichnungen starker und schwacher Verkehr selbst wieder sehr schwankende. Sie werden sicherer, wenn sie in Verbindung mit der vom Verkehre abhängigen technischen Größe treten. Diesen Umstand berücksichtigt die Einteilung, welche sich im Handbuch der Ingenieurwissenschaften I. Band, 1. Kap. findet und wonach unterschieden werden:

1. Hauptbahnen ersten und zweiten Ranges, welche den Weltverkehr, bezw. den großen Lokalverkehr vermitteln und ihrer ganzen Anlage und Ausrüstung nach geeignet sind, bedeutende Massentransporte zu bewältigen, und

2. Sekundärbahnen, welche weniger volksreiche Gegenden, größere Fabriken u. s. w. mit den Hauptbahnen verbinden.

Schärfer kommt der erwähnte Grundsatz in Ulrichs Einteilung zum Ausdrucke; er unterscheidet zunächst zwei Hauptgruppen von Eisenbahnen, nämlich solche, welche dem öffentlichen Verkehre dienen und solche, welche für private Zwecke bestimmt sind; die ersteren scheidet er wieder nach ihrer allgemein wirtschaftlichen und nach ihrer örtlichen Bedeutung. Die Bahnen von allgemein wirtschaftlicher Bedeutung sind entweder Hauptbahnen, deren Verkehrsverhältnisse die Normalspur und eine derartige Ausrüstung bedingen, daß alle Verkehrsgattungen, namentlich auch der Schnellzugsverkehr bewältigt werden können, oder Nebenbahnen, bei welchen in Anbetracht der äußeren Umstände die an eine Hauptbahn zu stellenden Anforderungen, namentlich betreffs Schnelligkeit der Beförderung oder Tragfähigkeit der Bahn zu beschränken sind und dementsprechend die gesamte Ausrüstung einfacher zu gestalten wäre. Die Bahnen von örtlicher Bedeutung sind im wesentlichen die schmalspurigen Bahnen. Diese Einteilung deckt sich im allgemeinen mit der vom „Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ festgesetzten und oben schon besprochenen Einteilung. Kaven („Vorträge über Eisenbahnbau“, Bd. VI, 1878) unterscheidet: Internationale oder durchgehende Bahnen (Weltbahnen), Nebenbahnen oder sekundäre Bahnen und Tertiärbahnen; als Kennzeichen dieser einzelnen Gruppen nimmt er alle wesentlichen

Faktoren auf, welche in volkswirtschaftlicher, technischer, juridischer und politischer Beziehung hierfür bestimmend werden. Ziffer („Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver.“, 1891) versucht ähnlich wie Kaven die Eisenbahnen unter Berücksichtigung der technischen, volkswirtschaftlichen und juristischen Eigentümlichkeiten einzuteilen und unterscheidet sonach: Hauptbahnen, Nebenbahnen, Lokalbahnen, Straßenbahnen, Feld- und Spezialbahnen.

Bei dem entschiedenen Bestreben nach thunlicher Anschmiegung der Eisenbahnen in Bau und Betrieb an die jeweilig obwaltenden Verhältnisse und bei der hohen Ausbildung der Technik, welche diesem Bestreben in weitgehendem Maße gerecht zu werden bemüht ist, erweist sich eine Einteilung der Bahnen vom technischen Standpunkte aus, wie er in diesem Handbuche festgehalten werden soll, nur dann als zweckmäßig, wenn sie unter Berücksichtigung der verschiedenen, für die Individualisierung maßgebenden Grundlagen erfolgt.

Nach diesem Grundsatze sind Karmarsch und Heeren vorgegangen; sie unterscheiden in ihrem „Technischen Wörterbuch“ (1878) die Eisenbahnen

1. nach der Größe des Verkehres,
2. nach der Spurweite,
3. nach der Art der die Fuhrwerke bewegenden Kraft,
4. nach den Verkehrsanforderungen,
5. nach der Beschaffenheit der Erdoberfläche, längs welcher sich die Bahnen hinziehen,
6. nach der Konstruktion des Oberbaues.

Eine derartige Einteilung dürfte auch mit dem Zwecke des vorliegenden Handbuches noch am meisten im Einklange stehen; wir wollen sie deshalb in ihrem Wesen beibehalten, jedoch die Zahl der unterscheidenden Merkmale vermindern und als Grundlage der Einteilung betrachten ·

1. die größte zulässige Fahrgeschwindigkeit, für welche die Bahn erbaut ist,
2. die Bodenverhältnisse des von der Bahn durchzogenen Geländes,
3. die Bauweise, und
4. den Betriebsmotor der Bahn.

§ 14. Einteilung der Eisenbahnen nach der gröfsten zulässigen Fahrgeschwindigkeit. — In dieser Beziehung kann man im Sinne der Einteilung des „Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ unterscheiden:

a. Hauptbahnen, bei denen Fahrgeschwindigkeiten von mehr als 40 km in der Stunde zulässig sind;

b. Nebenbahnen, bei denen die Fahrgeschwindigkeit von 40 km in der Stunde an keinem Punkte der Bahn überschritten werden darf;

c. Lokalbahnen, auf welchen die Fahrgeschwindigkeit unter 30 km in der Stunde bleibt.

Für die Ausführung einer Linie als Haupt-, Neben- oder Lokalbahn ist vor allem die Bedeutung des von ihr zu bewältigenden Verkehres maßgebend; bei Bahnen, die dem großen internationalen Verkehre zu dienen haben, kommen bei entsprechendem Grund- und Aufriß Fahrgeschwindigkeiten von 80 km und darüber zur Anwendung; als Nebenbahnen werden zumeist Verbindungslinien zwischen Hauptbahnen hergestellt, wobei es sich aber doch wesentlich schon um die Befriedigung örtlicher Bedürfnisse handelt; den Lokalbahnen kommt eine rein örtliche Bedeutung zu. Die Fahrgeschwindigkeit ist im allgemeinen von dem Zustande der Bahn und

der Konstruktion der Lokomotiven abhängig; man kann zwischen einer erreichbaren größten und einer zulässigen größten Fahrgeschwindigkeit unterscheiden, insofern als die zufolge Steigung und Krümmung der Bahn, zufolge Zugsgewicht, Bauart der Wagen und Leistungsfähigkeit der Lokomotiven erreichbare größte Geschwindigkeit in Rücksicht auf die von noch anderen Umständen abhängige Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Betriebes nicht zur Anwendung kommen darf. In einzelnen Staaten bestehen rücksichtlich der Fahrgeschwindigkeit gesetzliche Bestimmungen; so ist in Deutschland, Österreich und in den Niederlanden die zulässige größte Fahrgeschwindigkeit mit 90 km in der Stunde gesetzlich festgestellt; in Italien bestimmt der Minister auf Vorschlag der Gesellschaft die Fahrgeschwindigkeit, welche hier 80 km nicht überschreiten darf. In Belgien, Frankreich und England fehlen gesetzliche Bestimmungen; hier wurden — namentlich in England — Fahrgeschwindigkeiten bis zu 120 km in der Stunde beobachtet. Die mittleren fahrplanmäßigen Geschwindigkeiten, ausschließlich der Aufenthalte, aber einschließlich der durch dieselben verursachten Zeitverluste, liegen natürlich zumeist wesentlich tiefer. Sie betragen in Österreich und Italien bis zu 68, in Deutschland bis zu 83, in Holland und Belgien bis zu 72, in Frankreich und England bis zu 84 km in der Stunde. Die Reisegeschwindigkeit, d. i. der Quotient aus der Weglänge durch die darauf verbrauchte Zeit, wechselt in den einzelnen Ländern sehr bedeutend, da hierauf sowohl die technischen, als auch die wirtschaftlichen und kommerziellen Verhältnisse von Einfluß sind. Auf Nebenbahnen ist eine Fahrgeschwindigkeit von 30—40 km in der Stunde gewöhnlich nur auf vollspurigen Bahnen mit eigenem Bahnkörper bei einer gewissen Beschränkung der Achsenzahl gestattet. Diese Bahnen werden häufig auch als Hauptbahnen II. Klasse bezeichnet. Für die Lokalbahnen wird die Fahrgeschwindigkeit in den einzelnen Fällen meist durch die Konzessionsbedingnisse festgestellt. Einen sehr wichtigen Faktor spielt hierbei die Linienführung insofern, als bei Benutzung öffentlicher Straßen als Bahnkörper, bei Durchschneidung von Ortschaften in Straßenhöhe die Fahrgeschwindigkeit wesentlich, bis auf 15 km in der Stunde, herabgesetzt werden muß.

§ 15. Einteilung der Eisenbahnen in Rücksicht auf die Bodenverhältnisse. — Man unterscheidet in dieser Beziehung:

α) Flachlandbahnen, auf welchen bei der Thalfahrt nirgends das Bremsen der Räder erforderlich wird und die Bögen keine nennenswerte Erhöhung des Zugwiderstandes verursachen; anhaltende Steigungen von mehr als 5 ‰ und längere Bögen mit Halbmessern unter 1000 m kommen bei ihnen nicht vor; sogenanntes verlorenes Gefälle ist nicht zu scheuen, sobald es unter der Bremsneigung liegt und der Wechsel nicht allzu oft auftritt. Näheres über verlorenes Gefälle ist im II. Kapitel enthalten.

β) Hügellandbahnen, welche mit größeren Steigungen (bis zu 10 ‰) und mit schärferen Bögen (bis herab zu etwa 600 m Halbmesser) ausgeführt sind und nicht in Lagen von mehr als 300 m Höhe über dem Meere emporsteigen. Verlorenes Gefälle ist bei ihnen wegen des dadurch bedingten nutzlosen Arbeitsaufwandes nach Möglichkeit zu vermeiden.

γ) Gebirgsbahnen, welche in wesentlichen Dingen und auf dem größeren Teile ihrer Länge mit den Bodenverhältnissen der Gebirgslandschaft zu kämpfen haben; sie sind berufen, dem großen Weltverkehre zu dienen und erscheinen als die Bindeglieder zweier, durch Hochgebirgsketten getrennter Netze von Haupt-

verkehrslinien. Ihre besonderen Merkmale sind starke, andauernde Steigungen von etwa 25 ‰ und darüber, viele scharfe Bögen mit Halbmessern bis herab zu 180 m, Anlage von Schleifen und Kehrtunnels zur Überwindung bedeutender Höhenunterschiede, möglichste Vermeidung verlornen Gefälls, welches hier Höhenverlust bedeutet und mithin die Linie verlängert, beträchtliche Höhe der zu übersteigenden Pässe, welche gewöhnlich mit langen Tunnels — sogenannten Scheiteltunnels — unterfahren werden, Lage der Bahn an steilen Hängen in bedeutender Höhe über der Thalsohle, Notwendigkeit von Sicherungsanlagen gegen Lawinen und Murgänge und schließlich die besondere Schwierigkeit des gesamten Betriebes, verursacht durch die Eigentümlichkeit des Baues, durch die Höhen- und Witterungsverhältnisse, und durch die Gefahren, welche die Lawinen und Gebirgswässer verursachen.

Als Beispiele größerer, für Eisenbahn-Bau und Betrieb wichtigerer Gebirgsbahnen sind zu erwähnen:

In Europa.

1. Die Alpenbahnen, auf deren große Bedeutung für die Entwickelung der Bau- und Betriebstechnik der Eisenbahnen, sowie für die Ausbreitung des Eisenbahnnetzes überhaupt bereits näher hingewiesen wurde. Die geschichtlich älteste Alpenbahn ist jene über den Semmeringpaß; ihr folgten die Brennerbahn, die Pusterthalbahn (Villach-Franzensfeste), die Mont-Cenis-Bahn, die Kronprinz Rudolfbahn, die Giselabahn, die Gotthardbahn, die Salzkammergutbahn, die Arlbergbahn. Fünf dieser Linien übersteigen oder durchbrechen den Hauptkamm der Alpen und stellen die Verbindung von Nord- und Mitteleuropa mit dem mittelländischen Meere her, nämlich die Semmering-, Brenner-, Mont-Cenis-, Kronprinz Rudolf- und Gotthardbahn; mit der Längenachse der Alpen parallel laufen die Arlberg- und Salzkammergutbahn im Norden, die Pusterthalbahn im Süden. Außerdem muß der Eisenbahnen über den Karst (Laibach-Triest, Karlstadt-Fiume, St. Peter-Fiume) Erwähnung geschehen und zwar als Gebirgsbahnen, die namentlich in betriebstechnischer Hinsicht wegen der durch die Bora und den Wassermangel veranlaßten Schwierigkeiten interessant sind, desgleichen auch der Erzbergbahn (Vordernberg-Eisenerz) wegen Anwendung der Zahnstange.

2. Im deutschen Mittelgebirge sind die Schwarzwaldbahn (Hornberg-Sommerau) und die Linie Waldshut-Immendingen beachtenswerte Beispiele für die Entwickelung von Gebirgslinien mittels Schleifen- und Schneckentunnels.

3. Im Gebiete der Karpathen[13]) sind die Bahnen, welche diesen Gebirgszug durchqueren, namentlich aber die mit ihm fast parallel laufenden Linien durch den Umstand bemerkenswert, daß eine große Anzahl von Wasserscheiden zu ersteigen war, die sofort wieder verlassen werden mußten, wodurch die Längenprofile sich für den Betrieb sehr ungünstig gestalteten; auch boten die vielen Flußübergänge und erforderlichen Uferschutzbauten mancherlei Schwierigkeiten.

4. In Italien hat der Apennin — ein Hochgebirg mit Bergkegeln bis 3660 m Erhebung ü. d. M. — schon frühzeitig die Anlage von Gebirgsbahnen mit kühner Linienführung und vielen schwierig auszuführenden Bauwerken veranlaßt. Bereits im sechsten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts wurden hier die Gebirgsstrecken Bologna-Pistoja, Genua-Spezia, Turin-Genua erbaut; die großen Bodenverschiedenheiten

13) M. v. Könyves-Tóth, Der Bau der Kgl. ung. Staatsbahnstrecke Salgo-Tarján-Ruttka, 1873. Huss, Die galizische Transversalbahn und ihre Zweiglinien, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1885.

zwangen bei der, damals noch in den ersten Anfängen liegenden Eisenbahntechnik zur häufigen Anwendung sehr starker Neigungen und scharfer Krümmungen, wodurch späterhin der Betrieb derart erschwert wurde, daß in neuerer Zeit einzelne Strecken, so die Giovibahn (Turin-Genua) umgebaut, d. h. mit günstigeren Anlageverhältnissen neu hergestellt werden mußten. Von den jüngeren Gebirgsbahnen sind Parma-Spezia, Foligno-Ancona, Terni-Rieti-Aquila, Rom-Solmona, Foggi-Neapel u. s. w. bemerkenswert[14]).

5. In Frankreich tragen neben den großen Alpenbahnen: Marseille-Nizza-Genua, Lyon-Genf und Lyon-Turin vornehmlich die Bahnen an der Süd- und Südostgrenze (der Cantal- und Cevennenübergang Murat-Aurillac beziehungsweise Clermont-Nîmes) und die Linien in den Pyrenäen den Charakter von Gebirgsbahnen. Solche finden sich endlich auch in den Hochgebirgen von Schottland, in Schweden, Griechenland und Rußland.

In Amerika sind es hauptsächlich jene großartigen Eisenbahnen über das Felsengebirg, die Sierra Nevada und die Anden, welche sich als ganz eigentümliche Gebirgsbahnen darstellen. Sie steigen in bedeutende Meereshöhen empor, und zwar ohne Anwendung allzustarker, für die Abwickelung des Betriebes ungünstiger Neigungen, auch ohne längere Tunnels, jedoch mit Hilfe kühner Brücken und Viadukte und großartiger Schutzbauten gegen Schnee und Lawinen[15]). Bei Beurteilung der Höhenlage der Gebirgsbahnen, namentlich jener in den Anden darf allerdings nicht übersehen werden, daß die Schneegrenze daselbst wesentlich höher liegt, als in den Alpen. In Peru sind zwei Gebirgsbahnen bemerkenswert, welche von der Meeresküste in die nahe gelegenen, steil aufragenden Anden emporführen und dabei größere Höhen ersteigen, als irgend eine andere Bahn der Erde; so liegt der höchste Punkt der Linie Lima-Oroyá 3700 m, jener der Linie Islay-Arequipa-Puna 3800 m über dem Meere. Die künstliche Entwickelung dieser Bahnen erfolgt mittels Spitzkehren.

In Asien weisen die Bahnen von Britisch Ostindien, welche durch Nord-Bengalen bis an die Hügel von Darjeeling und an den Fuß des Himalaja vordringen, größere Gebirgsstrecken auf; auch die Bahnen an der Westküste Vorderindiens haben den Gebirgscharakter; bei einigen sind Spitzkehren vorhanden.

δ) Bergbahnen, das sind in der Regel kürzere Bahnlinien, welche mit außergewöhnlich starken Steigungen, zumeist bei künstlicher Vermehrung der Reibung, einzelne Berggipfel erklimmen; Anschlüsse an bestehende Bahnen finden in der Regel nicht statt; ihr Hauptzweck liegt in der Verkehrserleichterung für einen engeren Bezirk des Gebirgslandes. Die ersten Bergbahnen waren lediglich zur Thalförderung von Bergwerkserzeugnissen bestimmt[16]); erst allmählich wurden sie auch für den Personenverkehr verwendet; in neuerer Zeit dienen sie vorwiegend dem letzteren und erscheinen fast ausnahmslos als Touristenbahnen, deren große Bedeutung für den Fremdenverkehr der Alpenländer unbestritten ist. Bei Steigungen bis zu 70‰ können, sofern es sich nicht um die Beförderung allzugroßer Zugslasten handelt und die Betriebserschwernisse nicht zu stark ins Gewicht fallen,

[14]) Vgl.: Zeitschr. f. Bauwesen, 1887, S. 418—430.

[15]) E. Lavoinne et E. Pontzen, Les chemins de fer en Amérique. Vgl. auch Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1896, S. 125.

[16]) Kreuter, F., Über die Eisenbahnen im Gebirge, Zeitschr. d. deutsch. u. österr. Alpen-Vereins 1884.

immerhin noch Bahnen mit einfacher Reibung zur Ausführung gelangen. So wird der Ütliberg, an dessen Fuß Zürich liegt und der sich 399 m über die Stadt erhebt, mit einer Reibungsbahn erstiegen, welche Steigungen bis zu 50 ‰ und in der letzten, 809 m langen Strecke eine solche von 70 ‰ besitzt[17]. Etwas günstigere Verhältnisse weist die mit 1 m Spurweite erbaute, 6747 m lange Reibungsbahn Rigi-Kaltbad-Scheideck auf; ihre geringste Steigung beträgt 9 ‰, ihre größte 50 ‰, ihr kleinster Krümmungshalbmesser ist 105 m. Von anderen Bergbahnen, bei welchen glatte Treibräder der Lokomotiven auf den Schienensträngen laufen, seien noch die Bahnen von Rom nach Marino und jene von Madison nach Indianopolis erwähnt.

Eine Vermehrung der Reibung behufs Ersteigung stark geneigter Rampen bezweckt das Fell'sche Bergbahnsystem. Bei ihm ist in der Mitte des gewöhnlichen Gleises ein besonderer Schienenstrang verlegt, gegen dessen Kopf von beiden Seiten her ein Paar oder auch mehrere Paare horizontaler Räder gepreßt werden, deren Antrieb durch besondere Dampfcylinder erfolgt. Das System Fell fand bei der 77 km langen provisorischen Mont-Cenis-Bahn, welche eine Landstraßenstrecke mit längeren Steigungen von 77 ‰ benutzte, vom Juni 1868 bis zum September 1871 Verwendung; auch in Brasilien und Neuseeland wurde es ausgeführt. Erweist sich die Reibung der Lokomotivräder auf den glatten Schienen infolge allzugroßer Neigung der Bahn und bedeutender Schwere der zu befördernden Zugslasten als unzulänglich, so werden mit Vorteil die Zahnstange oder das Drahtkabel zur Anwendung gebracht.

Bei den Zahnstangenbahnen greifen einzelne oder mehrere von der Lokomotivmaschine bewegte Zahnräder in eine, zwischen den Gleissträngen liegende Zahnstange ein, so daß die Lokomotive an letzterer gleichsam emporklettert. Hierbei kann die Achse des Zahnrades bezw. der Zahnräder entweder horizontal liegen oder lotrecht stehen. Im ersten Falle wird das Zahnrad entweder durch eine leiterartige Zahnstange (System Riggenbach) oder durch zwei bis drei nebeneinander befindliche gezahnte Stangen mit gegeneinander versetzten Zähnen (System Abt) geführt. Bei Verwendung liegender Zahnräder dagegen sind diese paarweise angeordnet und stehen mit einer doppelt gezahnten Stange in seitlichem Eingriff (System Locher). Bei Bahnen mit wechselnden Steigungen empfiehlt es sich aus ökonomischen Rücksichten, sowie behufs Erlangung einer wenigstens teilweise größeren Fahrgeschwindigkeit, die Zahnstange nur in den steileren Strecken — etwa von 30 oder 40 ‰ an, je nach der Größe und Bedeutung des Verkehres — zu verlegen, die Zugkraft aber in der Reibungs- wie in der Zahnstangenstrecke durch eine und dieselbe Lokomotive ausüben zu lassen. (Gemischter Betrieb.)

Der Zahnstangenbetrieb hat in Europa für Bergbahnen größere Anwendung gefunden. Die erste Zahnstangenbahn (1870) war jene des Steinbruches in Ostermundingen bei Bern mit Steigungen von 100 ‰. Ihr folgte schon im Jahre 1871 die Touristenbahn von Vitznau auf die Höhe des Rigi mit Steigungen von 250 ‰. Die Zahnstangenbahnen von Nußdorf bei Wien auf den Kahlenberg, von Budapest auf den Schwabenberg (beide eröffnet 1874) und die Arth-Rigibahn (eröffnet 1875) sind mit geringeren Steigungen (100 bezw. 200 ‰), im allgemeinen jedoch nach dem Vorbilde der Vitznau-Rigibahn erbaut worden. Eine neue Aufgabe ergab sich bei Anlage der Zahnstangenbahn mit gemischtem Betriebe von Rorschach nach

[17]) Tobler, Die Ütlibergbahn, 1876.

Heiden (eröffnet 1875). Hier handelte es sich um die Aufrechterhaltung des Betriebes auch im Winter bei ziemlich ungünstigen Witterungsverhältnissen; dieser Forderung wurde durch Anlage einer erhöhten Zahnstange entsprochen. Der seit 1875 regelmäßig stattfindende Betrieb dieser normalspurigen, 7,108 km langen Bahn, wovon 5,5 km mit der Zahnstange ausgerüstet sind, mit 90 ‰ Maximalsteigung und 120 m kleinstem Krümmungshalbmesser hat den Beweis erbracht, daß der Zahnstangenoberbau bei richtiger Ausführung selbst in schneereichen, strengen Wintern keine besonderen Betriebsstörungen verursacht.

Im Jahre 1876 wurde die erste Zahnstangenbahn mit 1 m Spurweite, jene von Wasseralfingen, mit Steigungen von 78,5 ‰, und im Jahre 1885 die erste Zahnstangenbahn nach Abts System, jene von Blankenburg nach Tanne (im Harzgebirge, 27 km lang, mit 60 ‰ Steigung und 180 m Halbmesser) dem Betriebe übergeben. Noch wären als Bergbahnen mit Zahnstangen zu nennen: die Niederwaldbahnen, die Gaisbergbahn, die Drachenfelsbahn, die Bahn auf den Monte Generoso am Luganer See, letztere mit 80 cm Spurweite und 222 ‰ Steigung. Die Pilatusbahn endlich wurde nach dem System Locher, beiderseitig verzahnte Stange mit seitlichem Eingriff der horizontal liegenden Räder, mit größten Steigungen von 480 ‰ ausgeführt.

Eine besondere Art von Zahnradbahn, welche aber heute nur noch historische Bedeutung besitzt, ist jene von Wetli, bei welcher eine Schraubenwalze das Zahnrad der Lokomotive ersetzt und auch die „Zahnstange“ dementsprechend besonders geformt erscheint. Wetlis System kam auf der Linie Wädenswyl-Einsiedeln zum erstenmal zur Anwendung, wurde aber wieder verlassen, als sich noch während des Bahnbaues ein Unfall ereignete, dessen Ursache man, wahrscheinlich unbegründeterweise, in dem System selbst zu erblicken glaubte.

Als Bergbahnen mit Drahtseilbetrieb — Bergkabelbahnen — stehen verschiedenartige Anlagen in Verwendung. Bei einer der ältesten, aber auch heute noch im Bergbau, in Steinbrüchen, bei Bahnbauten u. s. w. vielfach üblichen Einrichtung werden die leeren Wagen von den beladenen, thalwärts laufenden Wagen emporgezogen. Gehen aber die beladenen Wagen bergauf oder wechselt die Belastung der Wagen, so wendet man zum Betriebe der Bahn entweder feststehende oder bewegliche Motoren an, oder es wird den abwärts gehenden Wagen jeweilig ein Uebergewicht durch Ballast erteilt. Im ersteren Falle werden entweder die Wagen vom Motor mittels eines an ihnen befestigten Seiles gezogen oder es geschieht, wie bei Agudios System, die Kraftübertragung auf den zu befördernden Wagenzug durch Seile ohne Ende vermittels eines Maschinenwagens. Agudios System hat u. a. bei der Vergnügungsbahn auf die Superga bei Turin (eröffnet 1884, 3,13 km lang, größte Steigung 20 ‰) Anwendung gefunden. Bei Verwendung feststehender Maschinen dient zumeist Dampfkraft zu deren Betriebe, in wenigen Fällen wurde von der Elektrizität und nur ganz vereinzelt von Wasserkraft Gebrauch gemacht. Mit feststehenden Dampfmaschinen werden u. a. betrieben: die Seilbahn Croix-Rousse in Lyon (eröffnet 1860, 0,49 km lang, vollspurig, größte Steigung 160 ‰), die Schloßbergbahn in Ofen (1870, 0,80 km, vollspurig, 620 ‰), Lausanne-Ouchy (1877, 1,48 km, vollspurig, 115 ‰), die Drahtseilbahn auf den Vesuv (1880, 0,82 km, 630 ‰). Elektrische Motoren finden sich bei der Bürgenstockbahn (1888, 0,83 km, 580 ‰) und bei der Eisenbahn auf den San Salvatore (1889, 1,65 km, 600 ‰). Durch Wasserkraft bewegte Motoren stehen z. B. bei der Bergbahn Lausanne-St. Luce (300 m, 115 ‰) in Anwendung.

Der Betrieb mit beweglichen Motoren findet bei Bergbahnen selten Anwendung; ein bemerkenswertes Beispiel aus neuerer Zeit bietet die Seilbahn in Havre; die Wagen dieser Bahn, welche 750 m lang ist und Steigungen von 100 ‰ aufweist, sind mit den Dampfmotoren System Serpollet ausgerüstet; der aufwärts gehende Wagen dient stets als Motor; hierbei hat seine Dampfmaschine außer den passiven Widerständen nur den Gewichtsunterschied der beiden Wagen zu überwinden.

Bei der Bahn Territet-Glion (1883, 600 m, 503 ‰) und bei der Zürichbergbahn (1889, 167 m, 260 ‰) dient Wasserballast als Betriebskraftspender; das Wasser wird bei dieser Betriebsweise am Scheitel der Bahn in die am Wagen befindlichen Behälter gefüllt, an der tiefsten Stelle aus diesen ausgelassen und, wenn erforderlich, durch kleine Motoren wieder auf die Höhe gepumpt.

§ 16. Einteilung der Eisenbahnen in Rücksicht auf ihre Bauweise: Spurweite, Anzahl der Gleise, Lage des Planums, besondere bauliche Anordnung. — Eine Einteilung nach der Bauweise läßt sich von verschiedenen Standpunkten aus durchführen, welche bei Festhaltung gewisser einflußreicher baulicher Einzelnheiten gewonnen werden. Als solche erscheinen: die Spurweite, die Anzahl der Gleise, die Lage des Planums, verschiedene eigentümliche bauliche Anordnungen.

Im Hinblick auf die Spurweite unterscheidet man breit-, voll- (normal-) und schmalspurige Bahnen. G. Stephenson hatte für die erste von ihm erbaute Eisenbahn auf den Bedlington-Eisenwerken in Northumberland die Entfernung der beiden Schienenstränge derart gewählt, daß auch gewöhnliche Fuhrwerke anstandslos das Gleis benutzen konnten. Der Abstand der auf derselben Achse sitzenden Räder eines solchen Fuhrwerks betrug damals, wie Haarmann in seinem Werke über „das Eisenbahngeleise“ mitteilt, 4′ 6″ engl. = 1,372 m. Als nun Stephenson an den Bau seiner Lokomotiven ging, sah er sich durch dieses Maß beengt, indem der verfügbare Raum für die Unterbringung der Dampfcylinder nicht ausreichte und er erweiterte deshalb den Abstand der Schienenstränge auf das zwischen den Innenkanten der Schienen abgenommene Maß von 4′ 8½″ engl. = 1,435 m. Dieses Maß, das sich für seine Lokomotivkonstruktionen als zweckentsprechend erwies, behielt er auch bei dem Baue der Eisenbahn von Liverpool nach Manchester und alle späteren, von ihm entworfenen und ausgeführten Eisenbahnen bei. Nach anderen Annahmen ist die Spurweite von 1,435 m den Ausmaßen gewöhnlicher Straßenfuhrwerke unmittelbar entnommen worden.

Dem Beispiele Stephensons folgten nicht alle englischen Ingenieure. Viele hielten das von ihm gewählte Maß als zu gering, um bei den rasch wachsenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven diesen die entsprechende Standfestigkeit geben und ihre Teile ausreichend bemessen zu können. Je nach der persönlichen Auffassung der Erbauer wurde daher das Maß der Spurweite mehr oder weniger vergrößert; am weitesten ging in dieser Beziehung Brunel, welcher bei der Great-Western-Eisenbahn eine Spurweite von 7′ engl. = 2,134 m zur Anwendung brachte. In England wurde der weitaus größte Teil mit der Spurweite von 1,435 m erbaut, während in Irland die Spur von 5′ 3″ = 1,6 m vorherrschte. Mit der Ausbreitung des Eisenbahnnetzes gestalteten sich diese Verhältnisse immer unangenehmer, da der Übergang der Wagen von einer Bahn zur andern unmöglich war. Im Jahre 1846 wurde daher durch Parlamentsakte bestimmt, daß in Zukunft alle Eisenbahnen in England — mit Ausnahme jener in den Grafschaften Cornwallis, Devon, Dorset und Sommerset — eine Spurweite von 4′ 8½″ engl. (1,435 m) und in

Irland eine solche von 5′ 3″ engl. erhalten sollten. Die Umbauung der Bahnen mit größerer Spur wurde gesetzlich nicht gefordert; die Bahnverwaltungen sahen sich aber durch die Macht der neuen Verhältnisse genötigt, die normale Spur anzunehmen oder den Durchgangsverkehr durch Einlegung einer dritten Schiene zu ermöglichen; am längsten bestand die breite Spur auf den Linien der englischen Westbahn, wo erst im Mai 1892 die letzte breitspurige Strecke beseitigt wurde.

Der Bau der ersten Eisenbahnen auf dem europäischen Festlande erfolgte fast ausnahmslos unter dem mächtigen Einflusse Englands; Schienen, Lokomotiven und Wagen kamen aus den englischen Fabriken; namentlich galt Stephenson als Autorität ersten Ranges, ohne dessen Gutachten schwierigere Bahnbauten in der ersten Zeit nicht zur Ausführung gelangten. So kam es, daß auch die von ihm gewählte Spurweite hier festen Fuß faßte. In einzelnen Staaten machten sich allerdings auch andere Anschauungen geltend; doch gelang es ihnen trotz mancher einflußreichen Unterstützung entweder gar nicht oder nur vereinzelt und vorübergehend die Oberhand zu gewinnen.

Siegreich behauptete sich das breitere Spurmaß dagegen in Rußland, wo der österreichische Ingenieur Franz Anton Ritter von Gerstner die erste Eisenbahn von St. Petersburg nach Zarkoje Selo aus den gleichen Gründen, welche in England für die Wahl einer größeren Spur als jener von 1,435 m maßgebend waren, mit dem Spurmaß von 6′ engl. = 1,82 m erbaute. Bei der weiteren Ausgestaltung des Eisenbahnnetzes wurde dieses große Maß infolge der entschiedenen Einsprache des amerikanischen Ingenieurs Major Whistler verlassen und die Spur von 5′ engl. = 1,524 m als Normalweite gewählt; mit dieser Spur gelangte die große transkaspische Eisenbahn und kommen auch die sibirischen Bahnen zur Ausführung.

In den übrigen Staaten Europas, mit Ausnahme der pyrenäischen Halbinsel, wo sich unter dem Einflusse englischer Ingenieure die Spurweite von 5′ 6″ engl. = 1,676 m einbürgerte, fand die von Stephenson gewählte Spur von allem Anfange her Anwendung; bei der im Mai 1886 in Bern stattgehabten internationalen Konferenz für die technische Einheit im Eisenbahnwesen, an welcher Deutschland, Österreich-Ungarn, Frankreich, Italien und die Schweiz teilnahmen, wurde bestimmt, daß die Spurweite der Bahngleise, zwischen den inneren Kanten der Schienen gemessen, auf geraden Strecken nicht unter 1,435 m und in Kurven nicht über 1,465 m sein soll.

Bei den französischen Bahnen beträgt die Entfernung der inneren Schienenkanten 1,440 bis 1,450 m; es gilt nämlich hier als Grundmaß die Entfernung der Mitten der Schienenstränge des Gleises und ist diese mit 1,50 m bestimmt; der unbedeutende Unterschied gegenüber unserer normalen Spurweite behindert in keiner Weise den Übergang der für den internationalen Verkehr erbauten Fahrzeuge.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika traten die meisten Erbauer der ersten Eisenbahnen der Anschauung bei, daß Stephensons Wahl der Spurweite den Bedürfnissen des Lokomotiv- und Wagenbaues nicht vollkommen genüge und auch späterhin gelangten vielfach größere Spurweiten (5′ bis 6′ engl.) neben der normalen Spur zur Anwendung. Die Folgen dieser Verschiedenheit in der Spurweite der Gleise machten sich aber sehr bald in hohem Grade fühlbar, so daß die Eisenbahnverwaltungen beschlossen, ihre Bahnen auf das als „Vermittlungsspurweite“ gewählte Maß von 4′ 9″ engl. = 1,448 m umzubauen. Diese Umgestaltungsarbeiten gelangten im Jahre 1886 zum Abschluß, nachdem in der Zeit vom 31. Mai bis 2. Juni dieses

Jahres die letzten 23 000 km Eisenbahnen umgebaut worden waren. In den Staaten Südamerikas haben verschiedene Spurweiten Anwendung gefunden. Die Eisenbahnen Ostindiens erhielten die Spur von 5′ 6″ = 1,676 m teilweise im Hinblick auf die hier herrschenden Stürme, deren Gewalt die Fahrbetriebsmittel nur bei entsprechend großer Grundfläche erfolgreich Widerstand zu leisten vermögen.

Gingen manche Ingenieure bei der Wahl der Spurweite über das von Stephenson gewählte Maß hinaus, so hielten es andere durch die Umstände geboten, die Entfernung der Schienenstränge eines Gleises geringer als 4′ 8½″ engl. zu bemessen. So wurde im Jahre 1832 im Nordwesten von Wales (England) zur Erschließung eines im Gebirge liegenden Schieferbruches die 23 km lange Festiniog-Eisenbahn mit 1′ 11½″ = 597 mm Spurweite erbaut. Für die Wahl dieses kleinen Spurmaßes war ausschließlich die Rücksicht auf das schwierige Gelände und auf die geringe Breite des von der Bahn benützten Schutzdammes in der Bucht von Tremadoc maßgebend[18]). Das Beispiel der Festiniogbahn fand in England, Schottland und auch in Irland Nachahmung, aber nur in geringem Maße. Auf dem europäischen Festlande wurde im Jahre 1836 die Pferdebahn von Linz nach Gmunden mit einer Spurweite von 1,106 m und im Jahre 1845 die 50 km lange Eisenbahn von Antwerpen nach Gent mit der Spurweite von 1,150 m erbaut. Diese schmalspurigen Bahnen blieben lange Zeit vereinzelt; die normale oder volle Spur behauptete sich in unbeschränkter Weise. Erst als sich bei wachsender Ausdehnung des Eisenbahnnetzes die Folgen der hierdurch hervorgerufenen Verschiebung des Verkehres in unangenehmer Weise bemerkbar machten und das Bedürfnis, auch weniger handels- und verkehrsreiche Gegenden dem Eisenbahnverkehre zu erschließen, immer mächtiger hervortrat, wurden Stimmen laut, die für die Anwendung kleinerer, unter 1,435 m bleibender Spurweiten mit der Begründung eintraten, daß es hierdurch möglich sein werde, die Bahnen billig genug zu bauen, um sie unter Festhaltung des Grundsatzes größter Sparsamkeit auch in Ausrüstung und Betrieb in Gegenden führen zu können, die von normalspurigen Bahnen wohl kaum jemals erschlossen werden dürften. Die Vertreter der Schmalspur fanden jedoch heftigen Widerspruch, und auch die kleinen engspurigen Bahnen, welche da und dort entstanden, konnten die Überzeugung der Schmalspurgegner von der Unzulänglichkeit des kleinen Spurmaßes nicht erschüttern. Erst der großartige Erfolg, welchen Schweden-Norwegen mit der Annahme der Schmalspur für ihre Eisenbahnen und Österreich mit dem Bau der Bosnabahn erzielten, brachten einen Wandel in der allgemeinen Stimmung zu gunsten der Schmalspur hervor. Die Leistungsfähigkeit derselben auch bei verhältnismäßig großem Verkehre wird heute wohl nur noch von Wenigen bezweifelt und ihre Zweckmäßigkeit für viele Bahnen untergeordneter Bedeutung rückhaltlos anerkannt; die Vollspur tritt mit ihr hauptsächlich nur dann in Wettstreit, wenn die betreffende Bahn als Verbindung zweier vollspurigen Bahnen erscheint, aber auch in diesem Falle kann sich unter Umständen die Schmalspur als zweckmäßig erweisen. Zur Zeit handelt es sich auch noch um die Frage, welches Maß für die Entfernung der Schienenstränge einer schmalspurigen Bahn gewählt werden soll. Es herrschen in dieser Beziehung verschiedene Ansichten und es sind die mannigfaltigsten Spurweiten zur Anwendung gelangt; so z. B. 1,067 (Niederlande, Schweden und Norwegen), 1,00 (Deutschland, Frankreich), 0,80 (Schweiz), 0,76 und 0,75 (Öster-

[18]) Haarmann, Die Kleinbahnen, 1895.

reich bzw. Sachsen); in jüngster Zeit hat auch die Spur von 0,60 m Anhänger und vereinzelt erfolgreiche Anwendung gefunden.

Wie die Spurweite, so ist auch die Anzahl der Gleise für die Einteilung der Eisenbahnen von Bedeutung. Man unterscheidet hiernach ein-, zwei- (oder doppel-) und mehrgleisige Bahnen. Für Eisenbahnen mit geringem Verkehr genügt zu dessen Bewältigung in der Regel ein einziges durchgehendes Gleis; sobald aber der Verkehr eine gewisse Grenze überschritten hat, tritt die Notwendigkeit ein, für die Züge jeder Fahrtrichtung ein besonderes Gleis anzulegen, so daß es möglich wird, die Zahl der Züge ohne Verminderung der Betriebssicherheit angemessen zu vermehren; denn bei Vorhandensein nur eines einzigen Gleises kann das Begegnen der Züge lediglich in den Stationen stattfinden, welcher Umstand zu vielfachen Unzukömmlichkeiten und Verkehrsstockungen Veranlassung giebt, namentlich dann, wenn durch irgend eine Ursache schon eine kleine Verspätung oder Störung im Zugsverkehre eingetreten ist.

In der Regel werden die Eisenbahnen anfänglich nur mit einem Gleis erbaut und wird auf die, eintretenden Falls notwendig werdende Legung des zweiten Gleises schon im Vorhinein durch den Grunderwerb für dieses letztere und auch durch die doppelgleisige Ausführung des Unterbaues oder doch wenigstens des Mauerwerks größerer Brücken, der Durchlässe, der Tunnels und anderer Kunstbauten Rücksicht genommen. Die Herstellung des zweiten Gleises kann unter Umständen auch streckenweise nach Maßgabe des Bedarfes erfolgen; so werden beispielsweise auf der Brennerbahn nur allmählich jene Strecken zweigleisig angelegt, auf welchen die Bewältigung des stetig zunehmenden Verkehres mittels eines Gleises ohne Störung und Gefahr nicht mehr möglich, also die eingleisige Bahn an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gelangt ist. Einen wichtigen Beweggrund zur zweigleisigen Ausgestaltung der Eisenbahnen bildet vielfach auch das Bestreben, sie für den Kriegsverkehr leistungsfähiger zu machen; im Etat des Deutschen Reiches werden fast alljährlich bedeutende Summen für diese Zwecke eingestellt. In einigen Ländern, in Österreich, in der Schweiz, in Frankreich ist das Recht des Staates, die Verwaltungen von Privatbahnen zur Ausführung des zweiten Gleises anzuhalten, teils durch Gesetz festgestellt, teils fallweise in den Konzessionsurkunden vorbehalten. Jedes der beiden Gleise einer zweigleisigen Bahn darf selbstverständlich nur nach einer bestimmten Richtung befahren werden, ausgenommen jene Fälle, in welchen die Sperrung eines Gleises vorübergehend notwendig wird. Auf den deutschen Bahnen wird das in der Zugsrichtung rechts liegende, auf den österreichischen Bahnen das links liegende Gleis befahren; doch sind dort wie hier gewisse Ausnahmen zugestanden.

Drei- und viergleisige Bahnen finden sich fast ausnahmslos nur im Weichbilde oder im engeren Verkehrsgebiete größerer Städte, wie London, Berlin, Paris u. s. w. Sie umfassen zumeist die Gleise verschiedener Linien, welche, von einem gemeinsamen Bahnhofe auslaufend, bis zu ihrem Trennungspunkte auch einen gemeinsamen Bahnkörper benützen. Die Stadtbahn in Berlin besitzt vier Gleise, von denen ein Paar dem Orts- und Nahverkehr, das andere Paar dem Fernverkehre dient.

In verschiedener Weise kann auch das sogenannte Planum der Eisenbahnen, d. h. die Kronenfläche der Dämme und die Sohlfläche der Einschnitte, auf welchem der Oberbau der Bahn, und zwar der Bettungskörper desselben gelagert wird, angeordnet sein. Es kann ein eigener Bahnkörper vorhanden sein, es können aber auch vorhandene Straßen für die Legung der Gleise auf einzelnen Strecken, oder

auch auf die ganze Länge der Bahn benutzt werden. Es ist klar, daß Straßenbahnen schon in Rücksicht auf die Sicherheit des Straßenverkehres nur dann zur Herstellung gelangen dürfen, wenn der Bahnverkehr sowohl hinsichtlich der Zahl der täglich verkehrenden Züge, als auch der Länge und Fahrgeschwindigkeit derselben in bescheidenen Grenzen verbleibt. Übrigens lehrt die Erfahrung, daß Menschen und Tiere sich verhältnismäßig leicht an den Bahnbetrieb gewöhnen und Unfälle sich selten ereignen. Jedenfalls aber findet die Benutzung der Straßen ausschließlich durch Bahnen örtlicher Bedeutung und in hervorragendem Maße durch Kleinbahnen statt; sie verbilligt sehr beträchtlich den Bau derselben, verteuert aber dort, wo die Gleise auch von den Straßenfuhrwerken befahren werden, namentlich in verkehrsreichen Städten, wegen der kostspieligen Erhaltung der Gleise den Betrieb. Ein Vorteil der Straßenbenutzung, der alle in einem besonderen Falle etwa vorhandenen Nachteile weitaus überwiegt, liegt in der Möglichkeit, die Bahn durch Ortschaften und dicht an Fabriken, Wirtschaftshöfe u. s. w. zu führen.

Ausgedehnte Benutzung der Landstraßen für die Anlage von Eisenbahnen wurde in Italien und Holland gemacht, in welchen Ländern sich die Dampfstraßenbahnen schon zu einer Zeit, da in anderen Staaten das Straßenbahnwesen noch in den ersten Anfängen lag, kräftig und erfolgreich entwickelt hatten; die italienischen Straßenbahnen bieten besonderes Interesse in Betreff der Linienführung durch dicht bewohnte, engstraßige Ortschaften und wegen der nahen Lage der Haltestellen an einander. In Frankreich, Deutschland und Österreich beginnt der Bau der Straßenbahnen erst in jüngerer Zeit einen lebhafteren Aufschwung zu nehmen; als bemerkenswerte Straßenbahnen in Deutschland wären unter anderen die Feldabahn, die Linien Flensburg-Kappeln, Altona-Kaltenkirchen und einzelne sächsische Schmalspurbahnen zu nennen.

Bei den Bahnen mit eigenem Bahnkörper werden die Baukosten durch den Umfang der Aufdämmungen, Abtragungen und Kunstbauten beeinflußt. Diese Kosten gestalten sich um so kleiner, je mehr das Planum mit dem von der Bahn durchzogenen Gelände zusammenfällt, je inniger sich die Linie an dieses schmiegt. Für Bahnen minderer oder rein örtlicher Bedeutung muß daher das Anschmiegen an das Gelände im Hinblick auf die gebotene weitgehende Sparsamkeit beim Baue als Grundsatz streng festgehalten werden, und es kann das auch um so leichter geschehen, als des beschränkten Zugsverkehres und der geringen Fahrgeschwindigkeit wegen Rücksichten auf Straßenkreuzungen u. s. w. entfallen. Bei Eisenbahnen, auf welchen viele Züge und auch solche mit bedeutender Fahrgeschwindigkeit verkehren, gestatten die letzterwähnten Rücksichten nicht immer die wünschenswerte Befolgung jenes Grundsatzes; auch kommen hier noch andere Umstände mit ins Spiel, indem die zulässigen Steigungen in engeren Grenzen liegen, die Krümmungshalbmesser beschränkter sind u. s. w. Wir sehen also bei höherstehenden Bahnen den Wechsel in der Lage des Planums gegen den Erdboden viel schärfer und häufiger auftreten, als bei Bahnen von minderer oder örtlicher Bedeutung; dennoch können auch sie im allgemeinen als Geländebahnen bezeichnet werden, weil die Anschmiegung an die Bodenformen bei ihrer Linienführung immerhin der leitende Gedanke bleibt.

In den letzten Jahrzehnten sind nun aber die Schienenwege auch in das Innere der Städte eingedrungen. Hier ergab sich sehr bald, namentlich als man zur Verwendung mechanischer Kräfte überging, die Notwendigkeit, das Planum solcher Stadtbahnen zur Entlastung der Straßen über oder unter die Fahrbahn der

letzteren zu verlegen. So entstanden Hoch- und Tiefbahnen (Untergrundbahnen), durchwegs Bezeichnungen, die derzeit noch im engsten Zusammenhange mit dem Begriffe der Stadtbahnen stehen. Ob eine Stadtbahn über oder unter den Straßen erbaut werden soll, hängt wesentlich von den Bodenverhältnissen der Stadt, den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung und anderen besonderen Umständen ab, im übrigen kommen Rücksichten auf die Annehmlichkeit der Reisenden, auf die Bewahrung schöner Straßenbilder und auf die Rentabilität der Anlage in Betracht. Die Gleise der Hochbahnen können entweder von eisernen Balken, die auf Einzelstützen ruhen, oder von einem aus Pfeilern und Gewölben gebildeten steinernen Unterbaue getragen werden. Nach der ersteren Anordnung sind z. B. die Hochbahnen in New-York, Chicago, Hoboken, Kansas-City, Los-Angelos, Liverpool, nach der letzteren ist die Hochbahn in Berlin erbaut. Bei den Tiefbahnen wird der Oberbau entweder in offenen Einschnitten oder in Tunnels verlegt; in solcher Weise sind die Untergrundbahnen in London ausgeführt; bei der neuen elektrisch betriebenen Untergrundbahn in London besteht der Tunnel aus zwei getrennten Röhren, von denen die eine für die Hinfahrt, die andere für die Rückfahrt dient. Die Stadtbahn in Wien wird der wechselnden Bodengestaltung wegen teils als Hoch-, teils als Tiefbahn hergestellt.

Eine ganz eigentümliche bauliche Anordnung zeigen die einschienigen, die Stufenbahnen und die Drahtluftbahnen. Die einschienigen Bahnen sind Eisenbahnen, bei denen sich die Fahrzeuge auf einem einzigen Schienenstrange fortbewegen und das Gleichgewicht entweder durch eine entsprechende Verteilung der Lasten oder durch besondere Leitschienen oder Leiträder, oder auch durch Leitschienen und Leiträder erhalten wird. Die erste einschienige Eisenbahn wurde von Robinson Palmer im Jahre 1821 erbaut; seither hat das System mancherlei Abänderungen erfahren und ist wiederholt zur Ausführung gelangt. In sehr vervollkommneter Form kam es durch Lartigue in Algier und Tunis und in jüngster Zeit bei der Lokalbahn von Listowel nach Ballibunion in Irland zur Anwendung.

Bei den Stufenbahnen laufen an der Innenseite einer in sich selbst zurückkehrenden, mit einer gewissen Geschwindigkeit fortbewegten Plattform (eines Zuges) andere sogenannte Züge in gleicher Richtung, jedoch mit geringerer Geschwindigkeit, so daß die Fahrgäste von dem Fußsteige der Straße aus ohne Gefahr auf die erste Plattform, von hier aus auf die etwas schneller laufende zweite Plattform und so fort bis auf den eigentlichen Zug übertreten bezw. in umgekehrter Richtung absteigen können. Die Erfindung rührt von den Brüdern Wilhelm und Heinrich Rettig (1888) her und wurde durch Schmidt und Silsbee in Chicago abgeändert.

Drahtluftbahnen (Schwebende Seil-, Hängebahnen) endlich sind Anlagen, bei denen ein, über eine Anzahl Unterstützungsstellen frei durch die Luft gespanntes Drahtseil die Laufbahn für die Räder der Förderwagen bildet. Bei der Möglichkeit große Terrainschwierigkeiten zu umgehen, und bei der Zulässigkeit die Beförderung der Last in einzelnen Teilen von 150 bis 500 kg Gewicht zu bewerkstelligen, finden derartige Bahnen, deren Anwendung auf Jahrhunderte, bei den Chinesen und Indianern selbst auf Jahrtausende zurückreicht, erfolgreiche Benutzung.

§ 17. Einteilung der Eisenbahnen nach dem Betriebsmotor. — Die ersten Eisenbahnen, die in § 7 besprochenen Spurbahnen der deutschen und englischen Bergwerke, wurden mit Menschenkraft betrieben, indem die Bergleute die einfachen, leichten Wagen (Hunde) auf den Bahngestängen vorwärts schoben. Diese

Betriebsweise besteht für kurze Förderbahnen mit schwachem Verkehre in Bergwerken, auf Bauplätzen, in Steinbrüchen u. s. w. auch heute noch; sie erscheint als die einfachste Form des Eisenbahnbetriebes. Bei der weiteren Entwickelung des Eisenbahnwesens trat die tierische Zugkraft allmählich mehr und mehr in den Vordergrund; die ersten Eisenbahnen — im jetzigen Sinne des Wortes — wurden mit Pferden betrieben; die Stockton-Darlington-Eisenbahn (eröffnet 1825) war für Pferdebetrieb erbaut; später wurden allerdings die Güterzüge mit Lokomotiven befördert. Auf den ersten Bahnen des europäischen Festlandes traten öfters die Lokomotiven anfangs nur ausnahmsweise oder abwechselnd mit den Pferden in den Zugförderungsdienst ein; so wurde der Betrieb auf der Berlin-Potsdamer Eisenbahn anfangs „im Dunkeln“ mit Pferden bewerkstelligt und es verkehrten Lokomotiven nur am Tage, bis für Lokomotivfahrten im Dunkeln die behördliche Genehmigung erteilt worden und die Direktion zu der Erkenntnis gelangt war, daß „die jedesmalige Heizung einer kleinen Lokomotive nicht viel mehr kostete, als bisher für ein Pferd pro Fahrt bezahlt wurde“.

Die erste Eisenbahn für den öffentlichen Verkehr in Österreich, die im Jahre 1827 in ihrer ersten Teilstrecke eröffnete Linie Linz-Budweis, wurde mit Pferden betrieben; auch zu Anfang der dreißiger Jahre tauchten auf dem europäischen Festlande zahlreiche Entwürfe für Eisenbahnen mit Pferdebetrieb auf, die aber nach den großen Erfolgen der Lokomotive fallen gelassen und in solche für Lokomotiveisenbahnen umgearbeitet wurden. In den fünfziger und sechziger Jahren gelangte der Pferdebetrieb wieder zu Ehren, indem er auf den ersten, damals zur Ausführung gekommenen Straßenbahnen in Städten Anwendung fand. Deutschland erhielt die erste Pferdebahn dieser Art im Jahre 1864 in der Linie Berlin-Charlottenburg; in Frankreich wurde die erste Straßenbahn zu Paris im Jahre 1854, in Großbritannien die erste Pferdebahn in Birkenhead im Jahre 1860 eröffnet. Die Niederlande erhielten die erste Pferdebahn (Haag-Scheveningen) im Jahre 1863. Gegenwärtig haben die Pferdeeisenbahnen eine beträchtliche Ausdehnung erlangt. In Deutschland besitzt fast jede größere Stadt eine Pferdebahn; in Österreich bestanden 1894 über 160 km Straßenbahnen mit Pferdebetrieb; auf den Pferdebahnen Großbritanniens standen Mitte 1894 nahezu 30 600 Pferde in Verwendung. Die Pferdebahnen dienen in der Regel dem Personenverkehre und nur in einzelnen Fällen gleichzeitig zur Güterbeförderung.

Wie schon im § 1 bemerkt wurde, ist gegenwärtig der Lokomotivbetrieb infolge seiner weitaus überwiegenden Anwendung mit dem Begriffe der Eisenbahnen so innig verbunden, daß derselbe vielfach als entscheidendes Merkmal der letzteren betrachtet wird. Er findet auf Haupt- und Nebenbahnen Anwendung, er steht auf Straßenbahnen in- und außerhalb der Städte in Gebrauch; am wenigsten hat er sich bisher auf Straßenbahnen im Innern der Städte bewährt, wo die Verwendung der Lokomotiven bei der durch die besondere Art des Verkehres bedingten Notwendigkeit, kleine, leichte Züge aus einem bis zwei Wagen bestehend, in kurzen Zwischenräumen auf einander folgen zu lassen, sich als ganz unzweckmäßig erwies. Hiér wurde wiederholt der Versuch gemacht, dem Dampfbetriebe in anderer Form Eingang zu verschaffen, indem man die Lokomotive mit dem Wagen in Verbindung brachte (Dampfomnibus) oder die Dampfmaschine samt Dampfkessel auf dem Wagen selbst unterbrachte, sogenannte Motorwagen erbaute. Doch konnte bisher weder die eine noch die andere Betriebsform dauernden Erfolg erreichen. Die mit Dampf bewegte, mit Feuerherd aus-

gestattete Lokomotive eignet sich vorzüglich für den Betrieb der überwiegenden Mehrzahl aller Bahnen wegen der erreichbaren großen Leistungsfähigkeit, wegen ihrer Unabhängigheit von einer feststehenden Krafterzeugungsstelle (Kraftstation) und wegen ihrer verhältnismäßig billigen Arbeit. Sie hat einen Grad von Vollkommenheit erlangt, wie er anderen Motoren noch nicht eigen ist. Zwar machen sich schon jetzt in dem Maße, als das Bestreben nach Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit sich steigert, gewisse nachteilige Eigenschaften geltend, welche mit der Konstruktion der Dampfmaschinen für die Lokomotive und deren besonderen Anordnung zusammenhängen; es zeigen aber neuere Erfindungen auf diesem Gebiete, daß auch hier die Ausbildung der Dampflokomotive noch nicht abgeschlossen und die Leistungsfähigkeit der Dampfbahnen noch nicht an ihre Grenzen gelangt ist; anderseits vervollkommnen sich auch die Lokomotiven für Kleinbahnen in ihrer Anpassungsfähigkeit an schwachen Verkehr und an die einfachen Betriebsverhältnisse solcher Bahnen.

Der elektrische Betrieb der Eisenbahnen ist noch ziemlich jung, hat aber, namentlich auf Stadtbahnen, und zwar sowohl bei Straßen-, als auch bei Hoch- und Tiefbahnen, eine Verbreitung gefunden, die durch ihre Raschheit und Ausdehnung geradezu Bewunderung erregen muß und für die großen Vorteile dieser Betriebsweise beredtes Zeugnis ablegt. Der Betrieb kann mit Stromzuleitung oder mit Akkumulatoren erfolgen; im ersteren Falle wird der Strom in einer besonderen Kraftstation erzeugt und den Wagenmotoren entweder ober- oder unterirdisch zugeleitet; im zweiten Falle führen die Motorwagen die Kraftquelle mit sich. Die ersten elektrischen Bahnen mit oberirdischer Stromzuführung auf dem europäischen Festlande wurden in Groß-Lichterfelde bei Berlin (1881), in Mödling bei Wien (1883) und in Frankfurt (Frankfurt-Offenbach 1884) erbaut. Die unterirdische Stromzuleitung, welche sich kostspieliger in der Anlage gestaltet, als die oberirdische Leitung, aber namentlich für Städte infolge des Wegfalls der Leitungsdrähte und Leitungsstangen einen Vorzug aufweist, hat bisher noch wenig Anwendung gefunden. Eine der interessantesten Anlagen dieser Art ist die Straßenbahn in Budapest.

Der Akkumulatorenbetrieb, welcher, wenn er gelingt, eine ideale Lösung des elektrischen Bahnbetriebes bedeutet, ist allerdings noch weit entfernt von diesem anzustrebenden Ziele. Wenn auch in dem Baue der Akkumulatoren in der letzten Zeit große Fortschritte gemacht worden sind, so bilden schon das bedeutende Gewicht und die hohen Anschaffungskosten der Batterien gewichtige Ursachen, welche die allgemeine Einführung dieses Betriebes, der sich für längere Linien besonders empfehlen würde, erschweren und verzögern. Derselbe hat bisher in größerem und beachtenswertem Umfange in Paris auf der Tramwaylinie Saint-Denis-Opéra, ferner in New-York und in Hagen Anwendung gefunden.

Der Umstand, daß die elektrische Lokomotive im Gegensatz zu der Dampflokomotive keine hin- und hergehenden Teile besitzt, also auch frei ist von allen hieraus entspringenden und den ruhigen, gefahrlosen Lauf der Maschine ungünstig beeinflussenden, störenden Bewegungen, würde deren Anwendung auf Hauptbahnen, besonders bei Erstrebung großer Geschwindigkeit, vorteilhaft erscheinen lassen. Doch bieten sich der Durchführung dieser Absicht in der Abhängigkeit der elektrischen Lokomotive von einer Kraftstation und in der dadurch bedingten Stromzuleitung große Schwierigkeiten. Auch würde die Anwendung von Fahrgeschwindigkeiten, welche die auf Dampfbahnen derzeit als zulässig erkannten Fahrgeschwindigkeiten bedeutend überragen, ganz besondere bauliche und betriebstechnische Einrichtungen bedingen,

die an den bestehenden Bahnen in vielen Fällen nicht durchführbar wären, bei neuen Bahnen aber die Anlagekosten jedenfalls sehr erhöhen würden; die in dieser Beziehung gegenwärtig praktisch zulässigen Fahrgeschwindigkeiten können mit der Dampflokomotive, deren Konstruktion noch steten Verbesserungen unterworfen ist, ebenfalls und vielleicht wirtschaftlicher, als mit der elektrischen Lokomotive, erreicht werden. Nur in einzelnen besonderen Fällen wurde die Frage des elektrischen Betriebes auf Hauptbahnen zu dessen Gunsten entschieden; so verwendet die Baltimore-Ohio-Eisenbahn zur Beförderung der Züge durch einen 2,5 km langen Tunnel elektrische Lokomotiven, welche den auf Halbdampf gestellten gewöhnlichen Zuglokomotiven vorgespannt werden. Auf die elektrische Lokomotive Heilmanns, die mit einer Dampfmaschine zum Betriebe des ebenfalls auf der Lokomotive befindlichen Stromerzeugers ausgerüstet ist, wurden anfangs große Hoffnungen gesetzt; es scheint aber, daß dieselben sich nicht in gewünschter Weise erfüllen, indem sich der Wirkungsgrad der Lokomotive zu gering stellt.

In jüngster Zeit sind die Kabelbahnen wieder zu Ehren gekommen. Auf die mit Seilbetrieb eingerichteten Bergbahnen wurde schon weiter oben hingewiesen; hier kann die Rede nur von jenen Bahnen sein, bei welchen das Kabel als Motor auftritt, indem dasselbe als Seil ohne Ende in einem, zwischen den beiden Schienen eines Gleises, unter dem Straßendamm gebauten Schlitzkanal, über Rollen laufend, die mit Greifern versehenen Wagen mit sich fortschleppt; das Seil wird durch eine feststehende Maschine in Umlauf erhalten. Dieses System eignet sich hauptsächlich für Straßenbahnen mit starken Steigungen; aber auch auf horizontalen Strecken wurden, sofern die Richtungsverhältnisse nicht ungünstige waren, wirtschaftlich günstige Ergebnisse erzielt. Die erste erfolgreiche Anwendung dieses Systems fällt in das Jahr 1873, in welchem die Eröffnung der Linie Clay-Street in San Francisco in Californien unter Anwendung von Hallidies Konstruktion der „Seilgreifer", d. i. jener Vorrichtung, mit welcher die Wagen sich an das laufende Seil klemmen, stattfand. Seit dieser Zeit hat sich das Netz der Seilbahnen in San Francisco wesentlich erweitert und hat diese Art der Kabelbahnen auch in anderen Städten Anwendung gefunden. Es sei hier insbesondere auf die Straßenbahn mit Seilbetrieb in Chicago aufmerksam gemacht, bei welcher sehr scharfe Bögen vorkommen und der Betrieb an und für sich wegen der bedeutenden Temperaturunterschiede und der starken Schneefälle großen Schwierigkeiten begegnet. Nordamerika zählt gegenwärtig über 1000 km Kabelbahnen.

Die zunehmende Ausbreitung der Lokal- und Kleinbahnen, deren Betrieb oft unter ganz eigentümlichen örtlichen Verhältnissen, stets aber im Hinblick auf möglichst weitgehende Sparsamkeit stattfinden muß, hat zu Versuchen mit mancherlei anderen Motoren Veranlassung gegeben. Das Bestreben, die Vorteile der Dampflokomotive auch für Straßenbahnen in gutbevölkerten Gegenden verwerten zu können, ohne die Nachteile der Rauchentwickelung und Ausströmung ungesunder Gase in den Kauf nehmen zu müssen, hat zur Konstruktion der feuerlosen Dampflokomotiven geführt. Bei den Lokomotiven dieser Art nach den Systemen Lamm-Francq[19]) und Lentz entwickelt sich aus einer, bis zu hohem Grade unter bedeutender Spannung erhitzten Wassermasse bei allmählicher Abnahme des Druckes Dampf, der dann zum Betriebe verwendet wird; das System hat in Frankreich (Rueil-Marly le Roi,

---

19) Alfred Birk, Die feuerlose Lokomotive.

Lille-Roubaix), in Österreich, in überseeischen Ländern (Holländisch-Indien) Anwendung gefunden; es sind bisher einige hundert Lamm-Francqsche Lokomotiven verschiedener Größe und Anordnung in Betrieb gestellt worden. Honigmann hat der Lokomotive eine Wärmequelle gegeben, indem er die Eigentümlichkeit der Natronlauge, bei einer gewissen Verdichtung eine größere Menge Wasserdampf unter bedeutender Wärmeentwickelung zu absorbieren, entsprechend ausnützt; die entwickelte Wärme dient zur Erzeugung des für den Betrieb der Maschine erforderlichen Dampfes; der Abdampf wird wieder zur Erhitzung der Natronlauge verwendet, die bis zu einem gewissen Verdünnungsgrade benutzt werden kann. Honigmanns System hat trotz der ihm innewohnenden Vorzüge bisher keine weitergehende Anwendung gefunden.

Auf einigen französischen und schweizer Straßenbahnen erfolgt der Betrieb mit Preßluft nach dem System Mekarski, der seine ersten erfolgreichen Versuche im Jahre 1875 anstellte. Die in einer Centralstation durch Dampf- oder Wasserkraft auf 25 — 30 Atm. verdichtete Luft wird in Stahlbehältern aufgespeichert, aus welchen die Luftbehälter auf den Lokomotiven oder Motorwagen gespeist werden; aus diesen Behältern strömt die Luft in die Arbeitscylinder des Bewegungsmechanismus aus und wirkt hier durch Expansion mit 3—8 Atmosphären. Nach Mekarskis System werden Straßenbahnen in Nantes, London, Bern, Toulon und Toledo betrieben; Abänderungen erfuhr dasselbe durch Edvard, Hughes & Lancaster und in jüngster Zeit durch Popp-Conti.

Seit wenigen Jahren steht die Frage der Verwendung des Leuchtgases für den Eisenbahnbetrieb in lebhafter Erörterung. Rascher als man erwarten konnte, ist diese Frage in Bahnen gelenkt worden, die zu deren baldigen Lösung hinsichtlich der Grenzen der Verwendbarkeit des Gasbetriebes auf Eisenbahnen führen dürften. Die erfolgreiche Ausbildung des Systems ist ein Verdienst des Ingenieurs Lührig, dessen Gasmotorwagen im Jahre 1893 in Dresden versuchsweise in Betrieb genommen wurden und seit 1894 auch auf den Dessauer Stadtbahnlinien laufen. Hier soll die „Gasbahn“ nach dem Berichte der städtischen Behörde die gehegten Erwartungen in jeder Beziehung übertroffen haben. Von anderen Gasmotorwagen ist noch derjenige von Conelly zu nennen, welcher sich in Chicago und auf einer Straßenbahn zwischen London und Greenwich gut bewährt hat.

Die Versuche mit anderen Gasen, wie z. B. mit Benzin- und Petroleumgas, oder mit Ammoniak u. s. w. sind nur vereinzelt durchgeführt worden und im allgemeinen ohne Einfluß geblieben; sie sind zumeist ebenso schnell aufgegeben worden, wie sie auftauchten; nur die Daimlerschen Petroleum-Motoren scheinen sich dauernd behaupten zu wollen; sie haben sowohl bei Straßenbahnen, als auch im Sekundärbahnbetriebe auf Hauptbahnen Anwendung gefunden und zufriedenstellende Ergebnisse geliefert.

Bei dem Betriebe von Hauptbahnen und selbst von Nebenbahnen spielt, wie schon bemerkt, die Frage nach dem Motor derzeit insofern noch keine Rolle, als bei ihnen die Dampflokomotive allen anderen Motoren gegenüber noch so bedeutende Vorteile besitzt, daß sie allein ernstlich in Betracht kommen kann und Vorschläge in anderer Richtung vorerst nur akademischen Wert haben. Dagegen ist es schwierig, bei Straßen- und Stadtbahnen und überhaupt bei allen jenen Bahnen, welche die deutsche und die österreichische Gesetzgebung unter dem Begriffe der Kleinbahnen zusammenfassen, die richtige Auswahl unter den verschiedenen Motoren zu treffen; diese Schwierigkeit

wird durch den Umstand erhöht, daß die Erfahrungen über die einzelnen Motoren zumeist noch verhältnismäßig neu und in den seltensten Fällen vollkommen geklärt sind. Die einzelnen Motoren stehen noch viel zu sehr in dem „Parteiengetriebe", wenn dieser Ausdruck mit Vorbehalt gebraucht werden darf. Doch ist es notwendig, in jedem einzelnen Falle die Motorfrage gründlich zu studieren und alle obwaltenden Verhältnisse wohl zu erwägen, um jenen Motor zu wählen, der sich sowohl vom Standpunkte des öffentlichen Interesses, als von jenem einer Erwerbsunternehmung empfiehlt.

§ 18. Bauwürdigkeit einer Eisenbahn. — Der Bau einer Eisenbahn wird stets im Hinblick auf einen bestimmten Zweck, welcher seinerzeit durch deren Betrieb erreicht werden soll, in Aussicht genommen; an den projektierenden Ingenieur tritt die Aufgabe heran, den Bau derart zu gestalten, beziehungsweise die Bahnlinie in solcher Weise zu führen, daß der durch sie erstrebte Zweck wirklich künftighin auch erfüllt wird. Bei Durchführung dieser Aufgabe, welche der Thätigkeit des Ingenieurs eine gewisse Weihe verleiht, gelangt derselbe an nicht zu überschreitende Grenzen, innerhalb welcher allerdings zumeist mehrere Lösungen möglich erscheinen. Es fragt sich, ob die von ihm gewählte Linie auch dem ihr zugewiesenen Zwecke entspricht, ob ihr Bau im Hinblick auf diesen Zweck gerechtfertigt erscheint, ob sie bauwürdig ist. Wenn es sich um Bahnen von rein militärischer Bedeutung oder um Bahnen für industrielle oder landwirtschaftliche Unternehmungen handelt, dann sind auch bestimmte Anhaltspunkte gegeben, um deren Bauwürdigkeit in unzweifelhafter Weise beurteilen zu können. Bei Eisenbahnen, die lediglich aus militärischen Erwägungen erbaut werden, wird der Staat sich nur zu fragen haben, ob er das erforderliche Opfer zu bringen geneigt ist, und bei den anderen, oben erwähnten Linien wäre nur zu prüfen, ob die Transportkosten, welche aus der bekannten Transportmenge und den ziemlich genau erhebbaren Betriebsausgaben zu ermitteln sind, den Preis des zu befördernden Gutes auch thatsächlich noch innerhalb der zulässigen Grenzen beeinflussen.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn die Bauwürdigkeit einer Bahn vom wirtschaftlichen Standpunkte aus allgemein beurteilt werden soll. Hier sind verschiedene Fälle möglich, die auch verschiedene Voraussetzungen für die einschlägigen Erwägungen schaffen. Treten Privatpersonen als Unternehmer auf, so ergibt sich naturgemäß als oberster Zweck der Bahnanlage die Gewährung einer angemessenen Verzinsung des Bau- und Betriebskapitals durch den Betriebsüberschuß. Auch der Staat wird sich, wenn er den Bahnbau auf eigene Kosten bewirkt, zumeist von der gleichen Erwägung leiten lassen; er kann sich aber unter Umständen mit einer sehr mäßigen Verzinsung begnügen, sobald der gemeinwirtschaftliche Nutzen der Linie, welcher sich in der Steigerung der Wohlhabenheit, der Steuerkraft der Bevölkerung, in der Hebung der Industrie und des Handels offenbart und dem Staate indirekte Vorteile bietet, eine Ausgleichung des Zinsenentganges gewährt. Ebenso kann eine Bahnlinie bauwürdig erscheinen, obgleich sie eine unmittelbare Verzinsung des Anlagekapitales nicht oder nur in sehr geringem Maße herbeiführt, wenn sie für ein bestehendes Bahnnetz, in das sie als ein neu hinzukommendes Glied gefügt wird, einen Verkehrszuwachs bewirkt, welcher den Aufwand an Baukapital für sie selbst rechtfertigt; allerdings muß in diesem letzteren Falle der Eigentümer oder Nutznießer der neuen Bahnlinie auch zugleich Eigentümer oder Nutznießer des bestehenden Bahnnetzes sein. Dieser Fall tritt zum Beispiele dort ein, wo von Seite der Hauptbahn-

verwaltungen Flügelbahnen in die abseits des Hauptschienenweges liegenden Gegenden geführt werden, um dieselben dem allgemeinen Verkehre zu erschließen und der Hauptbahn neue Verkehrsquellen zu eröffnen.

Die Beurteilung der Bauwürdigkeit einer Eisenbahn erfordert die Kenntnis der Anlagekosten einerseits und des zu erwartenden Betriebsüberschusses anderseits.

Zu den Anlagekosten gehören: die Kosten der gesamten Vorarbeiten, die Auslagen für Grunderwerb, die Kosten für die Herstellung des Unter-, Ober- und Hochbaues, die Auslagen für die ganze Bahnausrüstung samt Fahrbetriebsmitteln und schließlich die Zinsen für das Baukapital, soweit dieselben während der Bauzeit zu bezahlen sind, wie auch die Kosten der Geldbeschaffung, die Beträge der Kursverluste u. s. w. Die Anlagekosten, deren wesentlichen Teil die eigentlichen Baukosten, d. h. die für die Herstellung der Bahn thatsächlich zu bezahlenden Beträge bilden, lassen sich auf Grund eines gut ausgearbeiteten allgemeinen Entwurfes mit einer für die Beurteilung der Bauwürdigkeit vollauf genügenden Genauigkeit ermitteln. Handelt es sich nur annäherungsweise um die Beurteilung der Bauwürdigkeit, dann erscheint auch eine schätzungsweise Bestimmung der Anlage- beziehungsweise Baukosten der in Aussicht genommenen Linie auf Grund von Erfahrungswerten als ausreichend. Die nachstehende Tabelle gibt solche Werte für eingleisige Haupt- und Nebenbahnen unter Rücksichtnahme auf die hauptsächlichen Verschiedenheiten der Bodengestaltung.

Bodengestaltung	Baukosten für 1 km in Mark bei			
	Hauptbahnen	Nebenbahnen		
		mit 1,435 m	1,000 m	0,750 m Spur
Ebene	130 000—180 000	30 000— 50 000	20 000— 40 000	15 000— 25 000
Hügelland, leicht	150 000—220 000	45 000— 70 000	30 000— 50 000	20 000— 30 000
Hügelland, schwer . . .	200 000—260 000	60 000— 90 000	45 000— 60 000	25 000— 40 000
Mittelgebirg, leicht . . .	240 000—320 000	80 000—120 000	50 000— 70 000	30 000— 50 000
Mittelgebirg, schwer. . .	280 000—400 000	110 000—140 000	60 000— 90 000	45 000— 70 000
Hochgebirg, leicht. . . .	340 000—500 000	130 000—160 000	80 000—110 000	60 000— 80 000
Hochgebirg, schwer . . .	400 000—600 000	150 000—200 000	100 000—140 000	75 000—100 000

Der Betriebsüberschuß, d. i. derjenige Betrag, um welchen in einem bestimmten Zeitraum die Gesamtsumme der Betriebseinnahmen einer Bahn jene der Betriebsausgaben übersteigt, läßt sich nur auf Grund der Kenntnis der zu erwartenden Verkehrsmenge ermitteln, denn diese beeinflußt sowohl die Betriebseinnahmen, als auch bis zu einem gewissen Grade die Betriebskosten. Im allgemeinen kann die Verkehrsmenge proportional der Einwohnerzahl der Stationsorte der Bahn angenommen werden. Dieser, heute allgemein als richtig anerkannte Grundsatz für die Abschätzung des Verkehres wurde von Michel[20]) in die Wissenschaft eingeführt. Nach den von ihm auf Grund der französischen Eisenbahnstatistik für das Jahr 1866 durchgeführten Erhebungen entfallen für das gesamte französische Eisenbahnnetz auf jeden Einwohner eines Stationsortes und des zugehörigen Hinterlandes oder seiner „Bannmeile“ im Durchschnitte für das Jahr 6,5 Reisende und 2,1 Tonnen Güter zur Beförderung auf der Eisenbahn; in sehr betriebsamen Gegenden erhöht sich diese

[20]) Annales des ponts et chaussées, 1868.

Verkehrsmenge auf das $1^1/_3$fache, während sie sich in lediglich Ackerbau treibenden Gegenden auf das $^2/_3$fache ermäßigt. Die Anzahl der ankommenden und abgehenden Tonnen Güter beziehungsweise Personen wird im Durchschnitte gleich groß sein; es wird daher auf einer Zweigbahn von L Kilometer Länge, deren Endstation und zugleich einzige Station sammt Bannmeile E Einwohner zählt, ein Jahresverkehr von 13 $E.L$ Personenkilometer und von 4,2 $E.L$ Tonnenkilometer stattfinden. Sind mehrere Stationen vorhanden, denen die Größen $E_1, E_2, \ldots$ und $L_1, L_2 \ldots$ bezüglich der Einwohnerzahl und der Entfernung vom Anschlußpunkte der Bahn entsprechen, so ergibt sich als Gesamtverkehr der Linie:

$$V = 17{,}2 \cdot \Sigma\,(E \cdot L)$$

Dieser Rechnungsvorgang ist allerdings nicht ganz richtig, da ja nicht jeder Reisende und nicht jede Tonne Gut bis in die Anschlußstation verkehrt; es wird dies nur bei kleineren Linien, namentlich bei den, zu Hauptverkehrsadern gehörigen Zweigbahnen annähernd der Fall sein; es wird daher als durchschnittliche Reise- bezw. Transportlänge eine andere Größe, nicht selten blos die halbe Länge der Bahnlinie gewählt. Bezeichnen wir diese Länge mit L_d, so geht obige Formel über in

$$V = 17{,}2 \cdot \Sigma\,(E) \cdot L_d.$$

Nach dem Vorgange Michels hat Campiglio für Italien in Ackerbau treibender Gegend 1,5 Reisende und 0,4 t Gut, in sehr gewerbreicher Gegend 5,5 Reisende und 1,3 t Gut für jeden Einwohner des Stationsortes berechnet. Köpcke fand für das gewerblich und industriell sehr entwickelte Sachsen 5,0 bis 10,6 Reisende und 1,1 bis 5,8 t Gut. Plessner rechnet für Lokalbahnen Deutschlands je nach dem Charakter der Gegend zwischen Ackerbau und Industrie 7 bis 12 Reisende und 1,5 bis 3,4 Tonnen Gut bei Grundlage einer Bevölkerungsdichte von 80 Personen für das Quadratkilometer. Launhardt[21]) weicht bei seiner Berechnung von dem Vorbilde, das Michel gegeben, insofern ab, als er den Einfluß des Hinterlandes in anderer Weise in Betracht zieht. Dieser Einfluß hängt von der Dichtigkeit der Bevölkerung im Stationsgebiete, von der Größe desselben, also von der Dichtigkeit des Eisenbahnnetzes und endlich von dem Zustande der Anschlußwege ab. Nach eingehenden Ermittelungen kann man annehmen, daß in Deutschland im Jahre 1880 der Einfluß der ohne Eisenbahnverbindung gebliebenen Bevölkerung auf den Eisenbahnverkehr durchschnittlich nur $^1/_6$ so groß war, als jener der in den Stationsorten angesiedelten Bewohner. Es darf also zu der im Stationsorte selbst angesiedelten Bevölkerung nur der sechste Teil der Einwohner des von Fall zu Fall zu bestimmenden Hinterlandes hinzu gerechnet werden, um die für den künftigen Verkehr maßgebende Größe E zu erhalten. Unter solchen Annahmen hat Launhardt ermittelt, daß für die deutschen Eisenbahnen bei Zugrundelegung der Verkehrsergebnisse des Jahres 1880 auf den Kopf der Eisenbahnbevölkerung im Durchschnitt jährlich $9^1/_2$ beförderte Personen und $7^1/_4$ t beförderte Güter oder als Summe des ankommenden und abgehenden Verkehres 19 Personen und $14^1/_2$ t Güter kommen.

Die Größe des zu erwartenden Personen- und Güterverkehres steht natürlich im innigsten Zusammenhange mit den wirtschaftlichen Verhältnissen der in Betracht kommenden Gegenden. Es wird sich bei derartigen Schätzungen stets die größte Vorsicht empfehlen. Die Bahnen, die jetzt noch zum Baue gelangen werden,

---

[21]) Centralbl. d. Bauverw., 1883 und „Theorie des Trassierens", Hannover, 1887.

sind vorwiegend für Gegenden mit sehr geringer wirtschaftlicher Bedeutung bestimmt; der Güterverkehr wird sich in bescheidenen Grenzen halten und im Zusammenhange hiermit wird auch der Personenverkehr keine wesentliche Lebhaftigkeit zeigen, falls nicht ganz besondere Verhältnisse obwalten, also z. B. Wallfahrtsorte, Bäder u. s. w. an der Bahnstrecke liegen. Es dürfte unter Umständen genügen, für jeden Einwohner der Stationsorte nur einen Reisenden in Rechnung zu bringen, und selbst diese Annahme hat sich bei Lokalbahnen mitunter schon als zu hoch erwiesen. Es wird immer vorteilhaft sein, die Verkehrsergebnisse benachbarter, in ähnlicher Lage befindlicher Bahnen als Grundlage der vorzunehmenden Schätzungen zu wählen. Die Größe des Güterverkehres läßt sich mit zutreffender Genauigkeit aus der Größe des bestehenden Straßenverkehres ermitteln; hierbei wäre aber nicht zu übersehen, daß letzterer nicht sofort in seinem ganzen Umfange an die Eisenbahnen übergeht, sondern sich zum Teil neben dem Bahnverkehre aufrecht erhält. Auch die Steigerung des Verkehres darf nicht zu hoch in Anschlag gebracht werden; in dieser Beziehung sind empfindiche Täuschungen nur allzuleicht möglich. Man rechne stets nur mit dem Vorhandenen, mit dem bestimmt Gegebenen, und lasse die mehr oder minder berechtigten Hoffnungen auf eine Zunahme des Verkehres nur insoweit von Einfluß werden, als es notwendig ist, bei der Anlage der Stationen auf eine künftige Erweiterung ihrer einzelnen Teile Bedacht zu nehmen.

Ist die auf ihre Bauwürdigkeit zu prüfende Eisenbahn zugleich als ein neues Glied eines großen Bahnnetzes zu betrachten, und ist sonach auch der Verkehrszuwachs zu berücksichtigen, welchen sie dem bereits vorhandenen Bahnnetze zuführt, dann ist die Zahl der Personenkilometer und Tonnenkilometer zu ermitteln, um welche der Eisenbahnverkehr durch den Betrieb der neuen Bahn wächst. Launhardt hat hierauf bezugnehmende Berechnungen für das deutsche Eisenbahnnetz angestellt. Im Jahre 1880 wurden auf letzterem im ganzen 6479 Millionen Personenkilometer zurückgelegt und 13 487 Millionen Tonnenkilometer geleistet; es entfallen sonach auf den Kopf der $22^3/_4$ Millionen betragenden Eisenbahnbevölkerung durchschnittlich 285 Personenkilometer und 593 Tonnenkilometer. Unter Annahme eines Betriebsüberschusses von 2 ₰. für das Personen- wie für das Tonnenkilometer ergiebt sich sonach für jede, neu in den Eisenbahnverkehr gezogene Person ein Betriebsüberschuß von durchschnittlich 0,02 (285 + 593) = 17,6 ℳ. In Berücksichtigung, daß verschiedene Umstände, wie geringere Fahrgeschwindigkeit auf den Anschlußbahnen, Umsteigen der Personen, Umladen der Güter in den Anschlußbahnhöfen u. s. w. den Verkehr etwas beeinträchtigen, nimmt Launhardt den Betriebsüberschuß nur mit rund 15 ℳ. an. Den Einfluß des Hinterlandes bringt er dadurch zur Anrechnung, daß er der im Stationsorte selbst ansässigen Bevölkerung einen Zuschlag von $^2/_3\, d \cdot e$ giebt, wenn d die halbe Breite des Stationsgebietes in Kilometer und e die auf dem Quadratkilometer des Stationsgebietes mit Ausschluß des Stationsortes angesiedelte Bevölkerung bedeutet. Hiernach ist für eine geplante Bahn, in deren n Stationen zusammen E Einwohner leben, der für das gesamte Bahnnetz zu erwartende Betriebsüberschuß in einer Gegend von mittlerer wirtschaftlicher Bedeutung

$$\ddot{U} = (15\, E + 10\, n \cdot d \cdot e) \text{ Mark.}$$

Von diesem Mittelwerte ist in lediglich Ackerbau treibenden Gegenden $^2/_3$, bei wenig ergiebiger Wirtschaft nur $^1/_2$ zu nehmen, dagegen in betriebsamen Gegenden das $1^1/_3$fache zu rechnen.

Der französische Ingenieur Considère hat die Betriebsergebnisse einer Reihe französischer Lokalbahnen untersucht[22]) und gefunden, daß die durchschnittliche Länge der Fahrt eines Reisenden auf der Zweig- und Hauptbahn zusammen 30 km beträgt und hiervon 11 km auf erstere entfallen; die durchschnittliche Länge der von einer Tonne durchlaufenen Strecke ermittelt er zu 127 km, wovon 20 km die Zweigbahn treffen; hiernach ergiebt sich das Verhältnis der durchschnittlichen Länge einer Fahrt, bezw. einer Transportstrecke auf der Hauptbahn zu jener auf der Lokalbahn wie $\frac{30-11}{11} = \frac{19}{11}$, bzw. $\frac{127-20}{20} = \frac{107}{20}$. Wenn man diese Verhältniszahlen mit dem Verhältnisse der Tarife auf den Zweiglinien zu jenen der Hauptbahnen multipliziert, so gelangt man zu Zahlenwerten, welche die Verteilung der aus dem gemeinsamen Verkehre sich ergebenden Einnahmen auf die Zweiglinie und die Hauptbahn angeben. Der Fahrpreis für ein Kilometer beträgt auf der Hauptbahn 4,63, auf der Zweigbahn 5,37 Cent., der Frachtsatz 5,95 bzw. 8,00 Cent.; wir erhalten sonach

$$\frac{19}{11} \cdot \frac{4{,}63}{5{,}37} = 1{,}49 \text{ und}$$

$$\frac{107}{20} \cdot \frac{5{,}95}{8{,}00} = 3{,}98.$$

Considère reduziert in Rücksicht darauf, daß ein Teil der Reisenden und Güter auch ohne Zweigbahn der Hauptbahn zukommen würde, obige Zahlen auf 1,00, bezw. 2,00 und gelangt, indem er das Verhältnis der Zahl der Reisenden zu der Größe des Güterverkehres erhebt, zu dem Mittelwerte von 1,40, d. i. zu der Schlußfolgerung, daß die Mehreinnahmen der Hauptbahn, welche aus dem Betriebe der Zweiglinie sich ergeben, 1,4 mal so groß sind, als die Einnahmen der letzteren selbst.

Alle diese Zahlenwerte, die übrigens, wie z. B. Considère's Ermittelungen, nicht immer ohne Anfechtung von Seite anderer Fachleute geblieben sind, können selbstverständlich nur für das betreffende Eisenbahngebiet, für das sie berechnet wurden, als einigermaßen richtig und im Durchschnitte geltend betrachtet werden. Ob den Hauptbahnen oder den Teilhabern der Zweigbahn oder beiden gemeinschaftlich aus dem Baue und Betriebe der letzteren ein derartiger mittelbarer Nutzen erwächst, daß der eine oder andere Teil oder selbst beide Teile von einer unmittelbaren Verzinsung des Anlagekapitales, soweit sie zu demselben beigetragen, durch die eigenen Einnahmen der Zweigbahn absehen können, das bleibt in jedem einzelnen Falle von den besonderen obwaltenden Verhältnissen abhängig. Vorsichtige Verkehrserhebungen werden immerhin manchmal über die zu erwartende Verkehrssteigerung der Hauptbahn durch eine geplante Zweigbahn insoweit Aufschlüsse geben können, als dies zu einer hinreichend zuverlässigen Beantwortung der einschlägigen Frage notwendig ist.

Außer der Kenntniß der Größe des zu erwartenden Verkehres erfordert die Beurteilung der Bauwürdigkeit einer Eisenbahn, wie schon erwähnt, auch die Kenntnis der Betriebskosten, d. h. jener Auslagen, welche nach Fertigstellung und betriebsfähiger Ausrüstung einer Bahn aus der Durchführung und Aufrechthaltung des Verkehres erwachsen. Dieselben lassen sich als unveränderliche und wechselnde unterscheiden. Zu den ersteren zählen alle jene Auslagen, welche

[22]) Utilité de chemins de fer d'intérêt local, Paris, Vve Ch. Dunod.

innerhalb gewisser Grenzen ziemlich unverändert bleiben, gleichgiltig ob der Verkehr schwächer oder stärker ist; die veränderlichen Betriebskosten aber werden von der Größe des Verkehres wesentlich beeinflußt; sie steigen und fallen mit der Zu- und Abnahme des Verkehres, wie z. B. die Transportkosten, die Auslagen für Erhaltung der Fahrbetriebsmittel, die Arbeitslöhne u. s. w. Im engen Zusammenhange steht die Höhe der Betriebskosten mit den Steigungs- und Richtungsverhältnissen der Bahn; auf stärkeren Neigungen und in scharfen Krümmungen erfahren sie gegenüber jenen in wenig geneigten und schwach gekrümmten Strecken eine bedeutende Steigerung. Launhardt[23]) hat die Abhängigkeit der Betriebskosten von den Steigungs- und Richtungsverhältnissen streng wissenschaftlich untersucht und dieselbe in ebenso zutreffenden, wie zweckmäßigen Formeln zum Ausdrucke gebracht. Weiter werden die Betriebskosten aber auch durch folgende Umstände beeinflusst: Fahrgeschwindigkeit der Züge, Art des Verkehres (Überwiegen des Personen- oder Güterverkehres), Größe des Verkehres, Gattung der vorkommenden Frachten (in Rücksicht auf die Ausnützbarkeit der Wagen), Richtung der größeren Frachtbewegung, Tag- oder Nachtverkehr, klimatische Verhältnisse der Bahn, Lage der Bahnlinie zu anderen Bahnen u. s. w.[24]).

Es ist von einigen Fachleuten versucht worden, für die Berechnung der Betriebskosten eigene Formeln aufzustellen; so hat Heyne in der Wochenschrift des österr. Ingen. u. Arch. Vereines (1890 und 1891) zwei solche Formeln veröffentlicht, deren eine das Verhältnis zwischen den Betriebsauslagen und der Stärke des Personen- und Frachtenverkehres der Eisenbahnen darstellt, während die andere auch den Einfluß der Bahnsteigungen berücksichtigt. In diesen Formeln finden sich mehrere Zahlenkoeffizienten, welche Heyne aus den Ergebnissen von zehn, zusammen 1200 km langen Bahnen berechnete. Die Richtigkeit dieser Formel sucht Heyne durch deren Anwendung auf mehrere Bahnen und durch Vergleich der auf diesen thatsächlich aufgewendeten Auslagen mit den sich rechnungsmäßig ergebenden Auslagen zu erproben und hat hierbei auch, bis auf einen einzigen Fall, in welchem sich eine Differenz von 20% ergab, nur geringfügige Unterschiede bis zu 10% gefunden. Pichler hat jedoch in der oberwähnten Abhandlung auf die Unzuverlässigkeit aller solcher Formeln hingewiesen. In der That hängen, wie oben schon betont wurde, die Betriebsauslagen einer Bahn von einer Reihe von Einflüssen ab, die ihrer Natur und Mannigfaltigkeit wegen in Formeln nicht berücksichtigt werden können; auch läßt sich die Leistung der Bahn, nämlich die für das Jahr und Kilometer beförderte Anzahl von Personen und Tonnen Güter, welche die Grundlage für diese Formeln bildet, bei den noch im Stande des Projektes befindlichen Bahnen nur sehr unsicher bestimmen. In der Praxis wird vielfach die Abschätzung der Ausgaben einer Bahn in Prozenten der mit thunlicher Genauigkeit ermittelten Einnahmen durchgeführt. Wenn man hierbei mit Vorsicht und Verständnis vorgeht, wenn man sich bei Bestimmung der Prozente an die Ergebnisse anderer, unter ähnlichen Verhältnissen stehender Bahnen hält, und wenn man namentlich bei der Auswahl dieser, zum Vergleiche heranzuziehenden Bahnen eine entsprechende Sachkenntnis walten lässt und mit angemessener Sorgfalt verfährt, so wird man bei

---

23) Technische Trassierung der Eisenbahnen, Heft II, Hannover, 1888.

24) M. R. v. Pichler, Über die Ermittelung der Betriebsauslagen bei Eisenbahnen, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1892, S. 88.

diesem Vorgange, wobei also nicht die Leistungen, sondern die Einnahmen die Grundlage der Berechnungen bilden, zu Ergebnissen gelangen, die in Rücksicht auf die ganze Unsicherheit solcher Ermittelungen überhaupt immerhin als zufriedenstellende und im allgemeinen zutreffende erscheinen werden.

Dieses Verfahren setzt nun allerdings voraus, daß es sich hierbei um eine Bahn handelt, deren Tarif-, Anlage- und Verkehrsverhältnisse mit jenen bestehender Bahnen ziemlich übereinstimmen, so daß der Betriebskoeffizient derselben, d. i. das Verhältnis der Ausgaben zu den Einnahmen in Prozenten der letzteren ausgedrückt, ohne weiteres oder doch mit geringen und leicht beurteilbaren, beziehungsweise zu schätzenden Abänderungen auch auf die projektierte Bahn angewendet werden kann. Diese Voraussetzung wird nicht immer zutreffen; in solchen Fällen empfiehlt es sich, die Betriebsausgaben durch Aufstellung einer ins einzelne gehenden Ausgabenrechnung zu ermitteln. Auf Grund der gepflogenen Erhebungen über die Größe, Art und Richtung des Personen- und Güterverkehres, sowie auf Grund des allgemeinen Entwurfes der Bahn ist ein vollständiger Plan über die Einrichtung des Betriebsdienstes zu entwerfen, die Anzahl der in Verkehr zu setzenden Züge zu bestimmen, die Zahl des erforderlichen Stations-, Strecken-, Zugpersonales u. s. w. festzusetzen und sind weiter die Kosten der Züge zu ermitteln, die Ausgaben für Bahnerhaltung abzuschätzen u. s. w. Eine solche, der Wirklichkeit nahekommende Kostenermittelung erfordert selbstverständlich eine gründliche Kenntnis des gesamten Betriebsdienstes und sie wird sich daher auch nur durch das verständnisvolle Zusammenwirken von Fachleuten, die in den einzelnen Zweigen des Betriebsdienstes wohl bewandert sind und langjährige Erfahrungen besitzen, in einer ihrem Zwecke gerecht werdenden Weise bewirken lassen.

Sind nun einerseits die zu erhoffenden Einnahmen (deren Schätzung unter Zugrundelegen der Tarife erfolgen kann) ermittelt und anderseits die Anlage- und Betriebskosten erhoben, so erscheint eine geplante Eisenbahn bauwürdig, sobald die Gleichung erfüllt ist

$$E = Ai + K,$$

worin

E die ermittelten Einnahmen,
A das Anlagekapital,
i den Zins- und Tilgungsfuß,
K die Betriebskosten bedeuten.

Aus dieser Gleichung kann anderseits auch der Zins- und Tilgungsfuß eines aufzuwendenden Anlagekapitales berechnet werden, wenn die Größen E, A und K gegeben sind; auch läßt sich, freilich in ganz allgemeinen Ergebnissen, die für einen besonderen Fall nicht anwendbar sind, die Frage beantworten, bei welcher Bevölkerungsdichte einer Gegend eine Bahnlinie durch dieselbe noch bauwürdig ist, sei dies nun vom gemein- oder privatwirtschaftichen Standpunkte aus. So hat Launhardt im Centralblatt der Bauverwaltung 1895, Nr. 25 diese Frage für Deutschland gelöst. Unter Annahme einer in Betracht kommenden Bevölkerung von rund 29 Millionen und eines gemeinwirtschaftlichen Rohgewinnes der Eisenbahnen von 2900 Millionen Mark ergiebt sich die Gleichung

$$\frac{2900}{29} E = Ai + K$$

und für $A = 2\,000\,000$ *M.*, $K = 160\,000$ *M.* und $i = 0{,}05$, $E = 2600$,

d. i. eine Bahn würde unter den gemachten Voraussetzungen gemeinwirtschaftlich bauwürdig sein, wenn sie eine Bevölkerung von rund 2600 Köpfen in den Eisenbahnverkehr einbezieht; in Ackerbau treibenden Gegenden wären 3900, in gewerbtreibenden Gegenden nur 1950 Einwohner erforderlich.

Nach den Betriebsergebnissen des Jahres 1891 entfallen auf jeden Kopf der Eisenbahnbevölkerung in Deutschland rund 400 Personen- und 800 Nutztonnenkilometer. Da bei jedem Personenkilometer ein Betriebsüberschuß von 0,65 *Pf.*, bei jedem Tonnenkilometer von 2,5 *Pf.* gewonnen wird, so ist der auf den Kopf der Eisenbahnbevölkerung kommende Betriebsüberschuß

$$0{,}65 \cdot 400 + 2{,}5 \cdot 800 = 2260 \text{ Pf.} = 22 \text{ M.}$$

Eine neue Eisenbahn ist also privatwirtschaftlich erst dann gerechtfertigt, wenn

$$22\,E = Ai + K,$$

für das obige Beispiel $E = 11\,800$ ist.

§ 19. Erläuterung einiger Begriffe aus der Eisenbahntechnik. — Es erübrigt noch, einige Begriffe zu erläutern, die beim Eisenbahn-Bau und Betriebe zur Unterscheidung bestimmter Teile der gesamten Bahnanlage dienen; nämlich die Bezeichnungen Unterbau, Kunstbauten, Oberbau, Hochbau, Betriebseinrichtungen, Bahnhof, freie Bahn.

Als Unterbau bezeichnet man das, die Gleise tragende eigentliche Erdbauwerk, das sich aus künstlich hergestellten Erdschüttungen (Dämmen), oder aus natürlich gelagerten, durch Abtragung von Erdkörpern blosgelegten Massen (Einschnitten) zusammensetzt[25]. Der Unterbau umfaßt nach der gewöhnlichen Auffassung auch alle in diese Erdbauwerke eingefügten Kunstbauten. Es sind dies Bauwerke aus höherstehenden Baustoffen (Holz, Stein, Eisen), welche entweder an Stelle des eigentlichen Erdbauwerkes treten, um ihrerseits die Schienengleise zu tragen; oder welche die durch die Bahnanlage unterbrochenen Wege oder Wasserläufe über den Bahnkörper hin oder unter demselben durchführen (Brücken, Durchlässe u. s. w.); oder endlich welche die künstlich aufgeschütteten Massen, bezw. die natürlich gelagerten, angeschnittenen Erdschichten vor Einsturz bewahren (Stütz- und Futter- oder Wandmauern).

Unter Oberbau versteht man das eigentliche Gleis: Bettung, Schwellen, Schienen und deren Befestigungs- und Verbindungsstücke. Auch die Gleisverbindungen: Weichen und Kreuzungen, Drehscheiben und Schiebebühnen können sinngemäß dem Oberbau zugezählt werden, da sie bestimmt sind, den Übergang der Fahrzeuge von einem Gleis auf das andere zu ermöglichen.

Unter dem Begriffe Hochbau werden alle Gebäude mit den hierzu gehörigen, für ihre Benützbarkeit erforderlichen Nebenanlagen verstanden; es gehören sonach hierzu: die Empfangsgebäude der Bahnhöfe, die Bahnhofshallen, die Betriebs- und Wohngebäude, die Wächterhäuser, Schuppen aller Art, Werkstätten, Wasserhäuser und alle Nebengebäude und Nebenanlagen, wie Ställe, Aborte, Brunnen u. s. w.

Die Betriebseinrichtungen umfassen, wie schon der Name besagt, alle Vorkehrungen, welche dazu dienen, den Betrieb der Eisenbahn überhaupt zu ermöglichen, ihn thunlich zu vereinfachen und zu erleichtern, sowie demselben einen möglichst hohen Grad der Sicherheit zu verleihen. Es sind ihnen demnach beizuzählen: alle

---

[25]) Loewe, Der Schienenweg der Eisenbahnen, S. 31.

Vorrichtungen zur Versorgung der Lokomotiven mit Wasser und Brennstoff, alle Einrichtungen, welche die Abwickelung des Personenverkehres (Bahnsteige, Bahnsteigtunnels) und des Gütertransportes (Laderampen, Lademaße, Brückenwagen, Hebevorrichtungen u. s. w.) erfordert, die Abteilungs- und Neigungszeiger, Kurvensteine u. s. w., ferner die Einfriedigungen und Schranken, Telegraphen und Signale, schließlich Weichen- und Signalstellwerke und sonstige Sicherungsmittel.

Jene Stellen der Bahn, an welchen der öffentliche Verkehr zwischen Bahn und Publikum stattfindet und welche für die Erledigung innerer Betriebszwecke dienen, werden als Bahnhöfe bezeichnet; man kann sonach unterscheiden: Personen- und Güterbahnhöfe, Vieh- und Hafenbahnhöfe, Rangier- und Werkstättenbahnhöfe.

Die Bahnanlage zwischen zwei aufeinander folgenden Bahnhöfen bezeichnet man als freie Bahn, in Österreich auch als „Strecke".

Litteratur.

(Es sind hier nur selbständige Werke und Abhandlungen angeführt.)

Curr. The coal viewer and engine builder. London 1790.
Oeynhausen und Dechen. Über die Schienenwege in England. Berlin 1829.
Weidmann, F. E. Die Budweis-Linz-Gmundener Eisenbahn. Wien 1842.
Hartmann, Dr. C. Handbuch des Eisenbahnwesens. 1847.
Francis. History of the English Railway. London 1851.
Heusinger v. Waldegg, E. Abbildung und Beschreibung der Lokomotivmaschine nach den besten und neuesten Konstruktionen. Wiesbaden 1851.
Ghega, C. v. Übersicht der Fortschritte des Eisenbahnwesens in dem Jahrzehnt von 1840 bis 1850 und die Ergebnisse der Probefahrt auf einer Strecke über den Semmering. 1852.
Engerth, W. v. Die Lokomotive der Staatseisenbahn über den Semmering. 1854.
Schäffler. Transportkosten und Tarife. 1860.
Aichinger und Birk. Beschreibung der Anlage und des Betriebes der Semmering-Eisenbahn. Wien 1861.
Engerth, W. v. Gedenkrede bei Enthüllung des Ghega-Monumentes auf dem Semmering. 1869.
Weber, M. M. v. Stabilität des Gefüges der Eisenbahngleise. 1869.
Kaven, A. v. Vorträge über Ingenieurwissenschaft. 1870.
Plessner, F. Die Herstellung billiger Lokal- und Nebenbahnen in Deutschland. 1870.
Sax, Dr. E. Ökonomik der Eisenbahnen. 1871.
Harlacher, A. R. Wetli's Eisenbahnsystem. Zürich 1871.
Schübler, A. Über Eisenbahnen von lokalem Interesse. 1872.
Weber, M. M. v. Praxis des Baues und Betriebes der Sekundärbahnen. 1873.
Könyves Tóth, M. v. Der Bau der k. ungar. Staatsbahnstrecke Salgo-Tárján-Ruttka. 1873.
Plessner, F. Anleitung zum Veranschlagen der Eisenbahnen. 1874.
Haushofer, Dr. M. Grundzüge des Eisenbahnwesens. 1875.
Memminger. Die Alpenbahnen. 1875.
Gunesch, R. v. Wechselwirkungen von Eisenbahnen u. Volkswirtschaft. 1876.
Tobler, J. Die Ütlibergbahn. Zürich 1876.
Weber, M. M. v. Normal- u. Schmalspur. Wien 1876.
Jars. Metallurgische Reisen. Berlin 1877.
Lazarini, O. v. Baukosten der Eisenbahnen. 1877.
Rziha, F. Ritter v. Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Wien 1877.
Abt, R. Die drei Rigibahnen u. das Zahnradsystem. Zürich 1877.
Sax, Dr. E. Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft. 1878.
Weber, M. M. v. Zum 50. Geburtstage der Lokomotive. 1879.
Feldegg und Bauer. Die Rentabilität projektierter Eisenbahnen etc. 1880.

Steiner, Fr. Bilder aus der Geschichte des Verkehrs. 1880.
Kaven, A. v. Vorträge über Eisenbahnbau. 1878 und 1880.
Lavoinne, E. u. E. Pontzen. Les chemins de fer en Amérique. Paris 1880.
Hostmann, W. Bau und Betrieb der Schmalspurbahnen. Wiesbaden 1881.
Schima, F. Studien und Erfahrungen im Eisenbahnwesen. 1881.
Birk, Alfred. Uber Dampftramways in Elsass-Lothringen, Frankreich und Oberitalien. Wien 1882.
Schreiber, J. F. Das Tarifwesen der Eisenbahnen, dessen betriebsökonomische Aufgaben und Stellung im wirtschaftlichen und socialen Staatsleben der Gegenwart. 1884.
Haberer, Dr. Th. Geschichte des Eisenbahnwesens. 1884.
Sympher. Constante u. variable Eisenbahnbetriebskosten.
Nördling, W. v. Die Selbstkosten des Eisenbahntransportes etc. Wien 1885.
Hagen. Die erste deutsche Eisenbahn mit Dampfbetrieb zwischen Nürnberg und Fürth. 1886.
Zels, L. Die Selbstkosten des Eisenbahntransportes u. die Wasserstraßenfrage. 1886.
Wagner. Finanzwissenschaft. 1886.
Birk, Alfred. Uber Schmalspurbahnen. Wien 1886.
Deutsch, E. Fr. Riepl, der geistige Gründer der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. 1886.
Launhardt. Technische Trassierung der Eisenbahnen. Hannover 1887 u. 1888.
Birk, Alfred. Die feuerlose Lokomotive.
Schima, F. Über die Betriebsausgaben der Eisenbahnen. Prag.
Loewe, F. Der Schienenweg der Eisenbahnen. 1887.
Ambrozovics, B. Der gemeinwirtschaftliche Nutzen der Eisenbahnen und dessen Berechnung. 1888.
Weichs, F., Freiherr v. Denkschrift zum 50jährigen Jubiläum der Eisenbahnen in Österreich-Ungarn. 1888.
Rückblick auf die Thätigkeit der Techniker-Versammlungen des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. 1850—1890.
Schneider, A. Über Gebirgseisenbahnen. Quedlinburg 1891.
Haarmann. Das Eisenbahngleise. 1891.
Miles ferrarius. Studien über die heutigen Eisenbahnen im Kriegsfalle. Leipzig 1892.
Considère. Utilité de chemins de fer d'intérêt local. Paris.
Müller, Fr. Grundzüge des Kleinbahnwesens. 1895.
Kohlfürst, L. Der elektrische Betrieb bei Eisenbahnen an Stelle des Dampflokomotivenbetriebes. Prag 1895.
Haarmann. Die Kleinbahnen. 1896.
Roell, Dr. V. Encyclopädie des Eisenbahnwesens.
Berlin und seine Eisenbahnen 1846—1896. Berlin 1896.
Festschrift über die Thätigkeit des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen in den ersten 50 Jahren seines Bestehens, 1846—1896.
Köstler, Hugo. Über nordamerikanische Straßenbahnen. Wien 1896.

II. Kapitel.

Bahn und Fahrzeug im allgemeinen.

Bearbeitet von **Franz Kreuter,** ord. Professor an der k. technischen Hochschule zu München.

(Mit 106 Textfiguren.)

Erster Abschnitt.

Allgemeine Kennzeichnung des heutigen Standes von Bahn und Fahrzeug.

§ 1. Jüngste Entwickelungsstufe von Bahn und Fahrzeug überhaupt. — Je leistungsfähiger ein Verkehrsweg sein, und mit je geringeren Mitteln ihm die größtmögliche Leistungsfähigkeit verliehen werden soll, um so gründlicher müssen die Wechselbeziehungen zwischen Weg und Fahrzeug erforscht und danach beide mit einander in Einklang gebracht werden. Ohne Kenntnis oder Beachtung dieser Beziehungen, überhaupt ohne Rücksichtnahme auf den Betrieb einer zu erbauenden Bahn, welcher ja deren Zweck ist, kann weder ein vollkommener und kunstgerechter Entwurf, noch auch ein erfolgreicher Eisenbahnbau zu stande kommen.

Die Entwickelung der sogenannten hochkantigen Schiene mit Kopf, Hals und Fuß, aus der ursprünglich flachen, später mit Rändern versehenen Schiene, sowie die damit zusammenhängende Umbildung der auf den flachen Schienenwegen noch verwendbar gewesenen Straßenfuhrwerke zu besonderen, nur dem Verkehre auf Eisenbahnen dienenden und auch nur hiezu geeigneten Eisenbahnfuhrwerken ist im ersten Kapitel bereits erwähnt worden.

Die tragfähigere und über die Straßenoberfläche vorstehende hohe Schiene erforderte eigenen, für Straßenfuhrwerke nicht benutzbaren Unterbau und mit Spurkranz versehene Räder. Der Spurkranz ist von allem Anfange an innen angebracht worden und auch dort verblieben. Nur amerikanische Pferde- und Rollbahnwagen haben zuweilen äußere Spurkränze, welche man in Bögen auf einer, neben der äußeren Schiene angebrachten Platte auflaufen läßt, wodurch eine Kegelwirkung erzielt wird.

Für Feldbahnen, die oft auf unebenem Boden verlegt werden müssen, haben sich Räder mit zwei Spurkränzen bewährt, um Entgleisungen zu verhüten. Wenn nämlich die Bahn so höckerig ist, daß stellenweise der Wagen nur auf drei Rädern läuft und vielleicht sogar noch das eine Vorderrad höher gehoben wird, als sein Spurkranz reicht, so müßte das vordere Laufwerk[1]) jede Führung verlieren und

---

[1]) Unter Laufwerk ist eine Achse mit den beiden daran angebrachten Rädern zu verstehen.

entgleisen, wofern nicht die beiden Spurkränze des anderen Rades es an der einen Schiene weiter leiteten. Dieser Übelstand tritt indessen namentlich bei steifen Untergestellen ein. Er läßt sich vermindern, indem man hölzerne Untergestelle etwas lockerer zusammenfügt, insbesondere aber dadurch, daß man den Achsen in lotrechtem Sinne einiges Spiel gewährt. Die besten Dienste leisten dabei Federn, womit z. B. heutzutage in Amerika alle Eisenbahnfuhrwerke ohne Ausnahme versehen sind; denn jede Entgleisung, auch wenn sie sonst keinen Schaden verursacht, kostet Zeit.

Die Räder der ursprünglichen Eisenbahnfuhrwerke waren auf den Achsen drehbar. Bei kleinen, auf Wald- und Grubenbahnen verkehrenden Wagen findet sich auch heute noch die unabhängige Drehbarkeit des zu einem Laufwerke gehörigen Räderpaares gewahrt, indem das eine Rad auf die drehbare Achse aufgekeilt, das andere nur aufgesteckt ist. Später ist man zu Rädern übergegangen, welche auf ihren Achsen festsaßen, nachdem man vorher schon auf die, den Straßenfuhrwerken eigene Verstellbarkeit der Achsenrichtungen verzichtet und denen der Eisenbahnfuhrwerke eine unveränderlich gleichlaufende Richtung gegeben — sogenannte steifachsige Fuhrwerke auf den Eisenbahnen eingeführt hatte. Nun waren überdies die Räder nur samt ihren Achsen drehbar und letztere mußten am Wagengestelle festgemachte Lager erhalten, mittels welcher Gestell und Kasten des Wagens, je nach Umständen, auf den Zapfen oder Achsenschenkeln der Laufwerke aufsitzen.

Die Verbindung der Räder mit den Achsen zu einem Stück war jedenfalls einacher, widerstandsfähiger und unveränderlicher, als wenn man Vorkehrungen zur Erhaltung einer unabhängigen Drehbarkeit hätte schaffen wollen, welche den, an das Eisenbahnfuhrwerk zu stellenden Anforderungen entsprachen. Dazu kam noch die Befürchtung, daß, weil bei freien Rädern das eine auf der Achse in Bewegung verharrt, während das andere irgendwie gehemmt wird, hieraus Entgleisungen erwachsen könnten. Entgleisungen vermochten aber um so verhängnisvoller zu werden, als man unausgesetzt bestrebt war und noch ist, die Fahrgeschwindigkeit zu vergrößern, um den fort und fort sich steigernden Anforderungen des Verkehres gerecht zu werden. Während bei dem, 1829 zu Rainhill stattgehabten Preiswettfahren der ersten Lokomotiven die Erreichung einer Fahrgeschwindigkeit von 16 km in der Stunde gefordert war, soll schon 1848 auf englischen Bahnen die durchschnittliche Geschwindigkeit bei Güterzügen 32 km, bei Personenzügen 48 km, die größte Geschwindigkeit 80 km betragen haben. Heute aber ist man mit 100 Stundenkilometer kaum mehr zufrieden[2]).

Bei den Lokomotiven war ein Festkeilen der Treibräder auf den Kurbelachsen ohnehin nicht zu vermeiden gewesen.

Die Achsenlager wurden bei den Wagen durchweg nach außen verlegt, teils um sie zugänglicher zu machen und das Schmieren zu erleichtern, teils aber auch um den auf ihnen ruhenden Wagenkästen größere Standfähigkeit gegen Seitenschwankungen zu verleihen. Letztere Erwägung hat auch das Bestreben hervorgerufen, die Lokomotiven, insbesondere solche für schnelle Fahrt, womöglich mit äußeren Rahmen und äußeren Achsenlagern, sowie mit innen liegendem Treibwerk zu bauen, ein Grundsatz, an welchem namentlich die Engländer, allen konstruktiven Schwierigkeiten zum Trotz, lange Zeit mit Zähigkeit festgehalten haben. In Anbetracht des geringen Widerstandes der auf Eisenbahnen rollenden Räder konnte man deren

[2]) Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 455.

Durchmesser beträchtlich kleiner machen, als bei Straßenfuhrwerken. Hierdurch gewann der stets über die Räder seitlich hinausragende Wagenkasten, nebst bequemerer Zugänglichkeit, eine möglichst tiefe Schwerpunktslage und somit das ganze Fahrzeug eine weitere Erhöhung seiner Standfähigkeit. Die Geringfügigkeit des Widerstandes auf gerader wagrechter Bahn führte aber auch zu immer weiterer Erhöhung der Tragfähigkeit der Wagen. Wagen von großer Tragfähigkeit sind verhältnismäßig leichter und auch wohlfeiler als solche von geringer Tragkraft — einerlei Einrichtung vorausgesetzt.

Als mißlich erwies sich aber der Umstand, daß man durch Einführung auf parallelen Achsen festgekeilter Räder zu einer Bauart gelangt war, welche die Wagen eigentlich nur befähigte geradeaus zu fahren, was notwendigerweise Uebelstände ergeben mußte, sobald man die Richtung der Bahn zu ändern und einen Bogen zu durchfahren hatte. Im zweiten Abschnitte wird auf diesen wichtigen Punkt näher eingegangen.

Alle Eisenbahnfahrzeuge erhielten anfangs nur zwei Laufwerke.

Um die Tragfähigkeit der Wagen zu vermehren, vergrößerte man zunächst ihre Kästen, und zwar, da Breite und Höhe bald ihre zweckmäßige Grenze erreicht hatten, hauptsächlich in der Längenrichtung. Folge davon war großer Radstand[3]) und die Notwendigkeit, entweder die Seitenteile des Wagens zu entsprechenden Tragwerken auszubilden, oder aber sie in der Mitte noch einmal, also durch ein drittes Laufwerk, zu unterstützen. So sind die sechsräderigen Wagen vieler europäischen Bahnen entstanden, während man in England die vierräderigen stets bevorzugt hat. Man rühmte den Wagen mit drei Achsen ruhigeren Gang als den zweiachsigen nach. Derselbe ist aber gewiß nicht der Mittelachse, sondern dem größeren Radstande, somit der besseren Führung zuzuschreiben, abgesehen davon, daß manche Wagen, z. B. die älteren bayerischen, eine sehr günstige, d. h. tiefe Schwerpunktslage besaßen.

Für die Erzielung ruhigen Ganges ist die Federanordnung wichtig, und dann soll vor allem der Wagen beiderseits über die Endachsen möglichst wenig hinausragen.

Die T. V. empfehlen:

§ 130. ¹ Die Länge des Untergestelles der Wagen soll höchstens gleich der doppelten Größe des Radstandes sein. Ragen die Buffer mehr als 630 mm über das Untergestell hinaus, so ist letzteres entsprechend kürzer zu wählen.

Auf geraden Strecken und in flachen Bögen laufen Wagen aller Art so ziemlich mit derselben Leichtigkeit. Eine bestimmtere Kennzeichnung der in diesem Sinne als flach anzusehenden Bögen folgt in § 33. Mit der Größe des Radstandes aber wächst in hohem Maße die Schwierigkeit des Durchfahrens scharfer Bögen. Bei Beurteilung der Beweglichkeit eines Eisenbahnfuhrwerkes in Bögen kommt jedoch der ganze Radstand nur dann in Betracht, wenn die beiden äußersten Achsen gegen einander nicht verstellbar sind. Um die Vorteile langer Wagenkästen und kurzen Radstandes zu vereinigen, sind daher in Amerika schon im Jahre 1831 Wagen eigener Art durch Ross Winans[4]) gebaut worden und haben seither dort fast ausschließlich

---

[3]) Unter Radstand, auch Achsenstand, versteht man die Entfernung der beiden, oder bei mehr als zwei Achsen, der äußersten Achsen des Wagens von Mitte zu Mitte. Kommen Steifachsen in Betracht, so spricht man von „festem" Radstande.

[4]) Brown, History of the first Locomotive in America.

sich eingebürgert, sind aber auch in Europa teilweise eingeführt worden. Sie besitzen vier, bei neueren, ganz schweren Wagen sechs Laufwerke, deren je zwei, bezw. drei zu einem kleinen Wagen mit möglichst kurzem Radstande vereinigt sind. Die Enden des zur Aufnahme der Ladung bestimmten Oberteiles — Kastens oder Bodens, je nach Umständen — ruhen mithin auf zwei kurzen, von einander unabhängigen Wagen, die man Drehschemel oder Drehgestelle nennt, weil jeder gegen den anderen um einen lotrechten, in der Mitte seines Rahmenwerkes angebrachten Zapfen sich verdrehen kann. An Lokomotiven war das Drehgestell bereits 1825 durch George Stephenson angebracht worden.

Auf einerlei Oberbau laufen amerikanische Wagen unvergleichlich ruhiger als europäische. Die größere Länge gewährt eine bessere Führung und die größere Masse macht sie unempfindlicher gegen Erschütterungen. Wo aber, wie auf gewissen amerikanischen Bahnen, ein Schleudern und Stoßen sich bemerkbar macht, wie wir es daheim durchschnittlich gewohnt sind, da befindet sich, nach des Verfassers eigener Wahrnehmung, wenigstens der Oberbau in einem Zustande der Verwahrlosung, welcher auf keiner mitteleuropäischen Eisenbahn denkbar wäre. Während in England, wo kleine Krümmungshalbmesser selten sind, die Bauart von Lokomotiven und Wagen sich verhältnismäßig leicht den Verkehrsanforderungen entsprechend gestalten ließ, und anderseits die Bauart der Eisenbahnfuhrwerke Amerikas letztere von Haus aus befähigte, auch auf Linien mit ungünstigen Richtungsverhältnissen anstandslos zu verkehren, erwiesen sich die, den englischen nachgebildeten Fahrzeuge der Bahnen des europäischen Festlandes als wenig geeignet, sobald man das Bahnnetz auch über gebirgiges Gelände auszubreiten begonnen hatte, wo schärfere Krümmungen unvermeidlich waren. Um dem immer mehr sich geltend machenden Verlangen nach Beschleunigung des Verkehres gerecht zu werden, hat man häufig, ja meistens, die Erwägung schwer ins Gewicht fallen lassen, daß durch neu zu erbauende Linien eine wesentliche Verminderung der Weglänge zwischen zwei Hauptverkehrsgebieten erreicht werde und daher auf manchen Weltverkehrswegen zu Abkürzungen gegriffen, welche die Einbeziehung von Strecken mit ungünstigen Neigungs- und Richtungsverhältnissen in Hauptlinien nötig machten[5]).

Es trat zunächst namentlich die Unzweckmäßigheit der Eisenbahnfuhrwerke mit drei festgelagerten Laufwerken zum Durchfahren von Bögen grell zu Tage; denn, was an Zugkraft für ihre Fortbewegung in Krümmungen verloren ging, das wurde überdies zur Abnutzung von Rädern und Schienen verbraucht. Fortan richtete sich also das Bestreben dahin, die Wagen, unter Beibehaltung ihrer Grundgestalt, zum Durchfahren von Bögen geeigneter zu machen, und eine der ersten, im großen Maßstabe durchgeführten Verbesserungen bestand darin, daß man der Mittelachse sechsräderiger Wagen in ihrer Längsrichtung einiges Spiel gewährte, damit sie in Bögen sich nach außen verschieben konnte. Gleichzeitig suchte man zu erforschen, in welcher Weise ein steifachsiger Eisenbahnwagen im Bogen sich fortbewegt, um danach geeignete Vorkehrungen treffen zu können. Hievon wird in § 14 eingehender die Rede sein.

---

[5]) Es läßt sich aber unschwer beweisen, daß der kürzeste Weg, namentlich wenn es sich um eine Eisenbahn handelt, nicht notwendiger Weise der beste zu sein braucht. Die Frage ist überhaupt nicht so einfach zu beantworten, als vielfach geglaubt wird, und die an die Abkürzung geknüpften Hoffnungen können sich als sehr trügerisch erweisen, wenn die betreffende Bahnstrecke ohne Kenntnis oder gehörige Berücksichtigung der Bedingungen, unter denen der Verkehr sich zu vollziehen hat, entworfen wurde.

Der feste Radstand auf Vollbahnen hält sich etwa innerhalb folgender Grenzen[6]: Auf den preußischen Staatsbahnen beträgt er bei zweiachsigen Wagen bis 6 m, bei dreiachsigen bis 6,5 m, bei vierachsigen 1,5 m bis 2,5 m, während hier der Gesamtradstand bis 10 m mißt. Auf amerikanischen Bahnen haben die vierachsigen Güterwagen in der Regel 1,5 m festen Radstand. Bei den sechsachsigen Personenwagen überschreitet er nicht 3,3 m; der Gesamtradstand aber beträgt hier bis 20,3 m bei 24,2 m Wagenlänge.

Die T. V. enthalten folgende Bestimmungen:

§ 123. [1] Der (feste) Radstand aller Wagen darf nicht weniger als 2,500 m betragen; für Güterwagen ist ein Radstand von mehr als 4,500 m in der Regel nicht anzuwenden.

[2] Es wird empfohlen, für Bahnen, bei denen in freier Strecke vielfach die nachbezeichneten Krümmungen vorkommen, den festen Radstand der Wagen nicht größer zu wählen als:

3,900	bei Krümmungen	von	180 m	Halbmesser
4,300	„ „	„	210 m	„
4,600	„ „	„	250 m	„
5,100	„ „	„	300 m	„
5,900	„ „	„	400 m	„
6,600	„ „	„	500 m	„

[3] Die Betriebssicherheit wird nicht gefährdet, wenn größere feste Radstände zugelassen werden, und zwar:

4,500	bei Krümmungen	von	180 m	Halbmesser	
4,900	„ „	„	210 m	„	
5,400	„ „	„	250 m	„	
6,000	„ „	„	300 m	„	
7,200	„ „	„	400 m	„	und mehr.

[4] Die Anwendung von Lenkachsen (selbst für kleinere Radstände) wird dringend empfohlen; doch soll bei denselben mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit der Radstand von

9	bei Krümmungen	von	180 m	Halbmesser
10	„ „	„	210 m	„

nicht überschritten werden. Für lange und schwere Wagen sind Drehgestelle besonders geeignet.

Man darf nicht übersehen, daß durch die weiten Grenzen, innerhalb welcher, selbst bei einer und derselben Bahnverwaltung, der steife Radstand schwankt, die Feststellung der Einwirkungen zwischen Rad und Schiene sehr erschwert wird. Erwägt man aber noch, daß, wenn auch den Lokomotiven bestimmte Strecken mehr oder weniger zugewiesen sind, doch die Wagen einer Bahn nahezu auf alle anderen des Festlandes übergehen, dann wird es leicht begreiflich, daß trotz fast ganz gleicher Spurweite und durchschnittlich ziemlich übereinstimmender Radbelastungen bestimmte Fingerzeige für Verbesserungen in Anlage und Konstruktion des Oberbaues auf Grund von Wahrnehmungen beim Betriebe sich kaum gewinnen ließen. Es ist also nicht zu verwundern, wenn unter solchen Umständen die Bauart der Gleise und jene der

---

[6]) Vgl. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., X. Erg.-Bd, ferner: v. Littrow, Das Eisenbahnwesen auf der Weltausstellung in Chicago, Wien 1895.

Eisenbahnfuhrwerke „sich zum Teil selbständig entwickelt und nicht immer gleichen Schritt gehalten haben“[7]).

§ 2. Fortsetzung. Von den Lokomotiven. — Über die Anfänge und die erste Entwickelungsstufe der Lokomotivbaukunst ist im I. Kapitel berichtet worden.

Nach der Art, in welcher die Lokomotiven sich fortbewegen, kann man dieselben in zwei Hauptgruppen trennen:

1) Reibungslokomotiven, welche mit glatten Rädern auf glatten Schienen laufen und vermöge der Reibung, die ihr eigenes Gewicht zwischen Treibrädern und Gleis erzeugt, fortbewegt werden. Sie sind nur auf mäßigen Steigungen anwendbar.

2) Kletterlokomotiven, für Steilbahnen, d. i. für so starke Steigungen dienend, daß die durch das Eigengewicht der Maschine hervorgebrachte Reibung zwischen glatten Treibrädern und Schienen nicht einmal zur Beförderung der ledigen Lokomotive, geschweige denn einer nennenswerten Nutzlast ausreichen würde.

In diese Gruppe gehören insbesondere die Lokomotiven mit Klemmtreibrädern, welche von beiden Seiten an eine glatte Mittelschiene künstlich angepreßt werden, und die Zahnradlokomotiven, deren gezähnte Treibräder in eine, die Gleismitte einnehmende Zahnstange eingreifen. Diese kommen später in dem XV. Kapitel zur Sprache und wir haben uns daher hier nur mit den Reibungslokomotiven kurz zu beschäftigen. Sie bilden beim Eisenbahnbetriebe die Regel und sind für größeren Verkehr stets an erster Stelle ins Auge zu fassen, während die Anwendung der Kletterlokomotiven auf Steilbahnen beschränkt bleibt. Letztere aber kommen nur in jenen Ausnahmefällen zur Geltung, wo sie einfache Reibungsbahnen an Leistungsfähigkeit übertreffen, oder wo sie vorübergehend als Bindeglied zweier Bahnausläufer zu dienen haben, bis durch einen endgiltigen, aber zeitraubenden Bau eine dem großen Durchgangsverkehre angemessene Verbindung geschaffen ist. Letzteres war seinerzeit am Mont-Cenis der Fall, wo während der Durchtunnelung des Col de Fréjus eine Kletterbahn über den Mont-Cenis-Paß Susa mit Modane verband. Da nun die, mittels gewöhnlicher Lokomotiven beförderbare Last ausschließlich von der Reibung zwischen Treibrad und Schiene abhängt, nicht aber von der Kraft der Dampfmaschine, welche häufig größer ist, als die aus dem Reibungsgewichte sich ergebende Zugkraft, so ist jene Last einigermaßen veränderlich, je nach äußeren, die Beschaffenheit der reibenden Flächen beeinflussenden Umständen und jedenfalls beschränkt durch das auf den Treibrädern ruhende Gewicht. Man kann aber mit der Belastung der Treibräder nicht ohne weiteres über eine gewisse Grenze gehen, weil erstens mit dem Raddrucke die Abnutzung von Rad und Schiene wächst, und zweitens die Belastung der Treibräder zu jener der Laufräder der Maschine ein gewisses, der Bauart der letzteren angemessenes Verhältnis nicht überschreiten soll, um nicht den ruhigen Gang und die Sicherheit der Fahrt zu beeinträchtigen.

Die T. V. enthalten folgende Bestimmungen:

§ 66. Der Raddruck soll bei sämtlichen Fahrzeugen bei Ausnutzung der festgesetzten Tragfähigkeit im Stillstand der Fahrzeuge 7000 kg nicht übersteigen. Diese Vorschrift ist nur für Neubeschaffung und nur für solche Betriebsmittel bindend, für welche der Übergang auf andere Bahnen nicht ausgeschlossen ist.

---

[7]) Vgl. Congrès international des chemins de fer, Saint-Pétersbourg 1892; question V-A, rélation entre la voie et le matériel roulant, exposé par W. Ast.

§ 92. ² Die Vorderachse soll bei dreiachsigen Lokomotiven mit mindestens $^{1}/_{4}$, bei mehrachsigen mit mindestens $^{1}/_{5}$ des Lokomotivgewichtes belastet sein. Ist ein zweiachsiges Drehgestell vorhanden, so soll dasselbe bei zweifach gekuppelten Lokomotiven mindestens $^{1}/_{3}$, bei dreifach gekuppelten Lokomotiven mindestens $^{1}/_{4}$ des Lokomotivgewichtes tragen.

Die sowohl durch die Normen für den Bau und die Ausrüstung der Haupteisenbahnen Deutschlands, als durch § 66 der T. V. festgesetzte äußerste Grenze von 7 t für die Belastung eines Treibrades ist indessen heute schon vielfach überschritten. Auf deutschen und österreichischen Bahnen schwankt der Raddruck zwischen 5 und 8,4 t. In England aber hat man, dank der ungleich widerstandsfähigeren Oberbaukonstruktion, schon beträchtlich weiter gehen können[8]), wie nachstehende Angaben über die dortigen vier größten Eisenbahngesellschaften zeigen:

	engl. Tons auf ein Räderpaar	kg auf ein Rad
London und North Western Railway	15,5	7880
Lancashire und Yorkshire „	17,5	8900
Midland „	17,5	8900
Great Northern „	20,0	10150

Die Brücken der Lancashire- und Yorkshire-Eisenbahn werden gegenwärtig mit Rücksicht auf die steigende Belastung der Züge für 10150 kg Raddruck gebaut.

Über amerikanische Verhältnisse verdankt der Verfasser einer gütigen Mitteilung des Herrn S. M. Vauclain, Superintendent der Baldwin Locomotive Works, Philadelphia, folgende Angaben: Bis jetzt waren 50000 lbs (22700 kg) die Grenze für die Belastung eines Räderpaares, und zwar meistens dann, wenn die Schienen ein Gewicht von 88 bis 100 lbs auf das Yard (43,5 bis 49,5 kg auf das Meter) besaßen. Es giebt aber Eisenbahnverwaltungen im Westen, welche keinen Anstand nehmen, auf Schienen, von denen das Meter nur 24,8 bis 34,8 kg wiegt, ein Räderpaar mit 18000 bis 21800 kg zu belasten, je nach der Örtlichkeit und in Gegenden, wo nur Erde („mud“) zur Bettung verwendet wird. Die Querschwellen ruhen hiebei hauptsächlich in der Mitte auf, was die Lokomotiven bei großen Geschwindigkeiten (96 Stundenkilometer) in böses Schwanken versetzt. Man hat indessen aus diesen hohen Achsbelastungen, soweit es sich um die Schienen handelt, keine Schwierigkeiten erfahren und Herr Vauclain glaubt, daß in der That mehr, oder doch mindestens eben so viele Schienenbrüche auf gut beschotterten, wie auf obigen schlecht oder gar nicht beschotterten Bahnen vorkommen. Die gebräuchliche und gut bewährte amerikanische Regel geht dahin, daß der Raddruck eine Tonne betrage auf je 10 lbs Gewicht eines Yard Schiene (d. i. rund 1000 kg auf je 5 kg des Längenmeter Schiene)[9]). Diese Regel, welche für sehr sicher gilt, wird jedoch bei Personenzuglokomotiven, wo man große Treibräder verwendet, nicht eingehalten, denn diese drücken sich weniger tief in die Schienen ein. Nach den Ausführungen der Baldwin-Lokomotivwerke wachsen die Raddrucke ungefähr wie die zweiten

---

[8]) Briefliche Mitteilung an den Verfasser von Herrn James Forrest, Secr. d. Inst. C. E. London.

[9]) Auf unsere Verhältnisse ist diese Regel nicht ohne weiteres anwendbar, da schon der Schwellenabstand auf europäischen Bahnen größer ist als auf amerikanischen, und wo sie bei uns zutrifft, ist möglicher Weise die Beanspruchung der Schienen größer als auf den betreffenden Eisenbahnen Amerikas.

Wurzeln aus den Raddurchmessern, was auch mit der Theorie übereinstimmt[10]), die schon durch Redtenbacher aufgestellt wurde.

Die Beanspruchung und Abnutzung des Oberbaues wächst nun jedenfalls mit dem Raddrucke und der Geschwindigkeit der Fahrt, nimmt dagegen ab mit zunehmendem Raddurchmesser. Lokomotiven für schnellste Fahrt haben die größten Raddurchmesser und Raddrucke, für langsame Fahrt gebaute die kleinsten.

Die volle Radbelastung der Güterwagen macht höchstens 5 bis 6,5 t, die der Personenwagen 5,5 t aus, kann also bei einem Eilzuge unter Umständen weniger als die Hälfte des Raddruckes der Lokomotive betragen. Dafür aber muß man den gesamten Oberbau und alle Brücken blos mit Rücksicht auf die schwersten Lokomotiven, welche die Strecke befahren, herstellen, während diese Bauten weit leichter sein könnten, wenn — volle Ausnutzung der Ladefähigkeit vorausgesetzt — die Radbelastung der Wagen und der Lokomotiven mit einander in Einklang gebracht würden, namentlich auch im Hinblick auf die Art der Abnutzung, welche sie hervorrufen. Eine so hohe Belastung der Treibräder, wie wir sie jetzt in England und Amerika finden, ist also wahrscheinlich von Haus aus nicht das wirtschaftlich Vorteilhafteste. Allein man kann dazu gedrängt werden, wenn die Anzahl mit verhältnismäßig leichten Lokomotiven beförderbarer Züge ihre Grenze erreicht hat und der weiter wachsende Verkehr nur mehr durch Vergrößerung des Gewichtes der Züge sich bewältigen läßt. Dann wird man jedoch, unter Berücksichtigung aller Nebenumstände, noch zu untersuchen haben, ob es im gegebenen Falle besser sei, die Züge mit zwei der leichteren Maschinen oder mit einer schweren zu befördern und alsdann die etwaigen Folgen: Verstärkung des Oberbaues, der Brücken u. dgl. mit in den Kauf zu nehmen.

Dem vollkommensten Zustande wird man indessen schon aus dem Grunde nicht häufig nahe kommen können, weil die Ausnutzung der Tragkraft der Wagen beim Eisenbahnbetriebe nicht nur eine sehr schwankende, sondern auch eine verhältnismäßig sehr geringe ist. Sie beträgt nämlich im groben Durchschnitte auf Vereinsbahnen[11]) weniger als die Hälfte. Auf amerikanischen Hochbahnen sind leichte Lokomotiven in Verwendung und wegen des riesigen Verkehres auch die Wagen stets voll belastet. Dort kommt man dem vorteilhaftesten Zustande jedenfalls so nahe als möglich.

Um die Zugkraft der Lokomotive besser auszunutzen, bot sich als nächst liegendes, schon 1815 durch Stephenson versuchtes Mittel, nicht sowohl die möglichste Vergrößerung, als auch die thunlichste Verwertung ihres Gewichtes, indem man weitere Achsen mit der Treibachse kuppelte. Die mit einer Treibachse durch Kuppelstangen verbundenen Achsen heißen Kuppelachsen. Treib- und Kuppelräder müssen natürlich völlig gleiche Durchmesser haben. Manche Lokomotiven besitzen gar keine Laufwerke, sondern lauter gekuppelte Achsen, so daß das ganze Lokomotivgewicht der Verwertung der Zugkraft zu statten kommt. Es giebt Lokomotiven mit zwei bis fünf gekuppelten Achsen.

Die Kuppelung von mehr als zwei Achsen einer Lokomotive macht es aber schwierig, Vorkehrungen zu treffen zur Erleichterung des Durchfahrens von Bahnkrümmungen. Es sind daher sinnreiche Einrichtungen erdacht und auch ausgeführt

---

[10]) Vgl. Grove in Heusinger von Waldegg, Handbuch f. Sp. Eisenbahn-Technik III. Bd, S. 198.

[11]) Vgl. Launhardt, Theorie des Trassierens, Heft II, S. 16.

worden, um unter Beibehaltung eines Cylinderpaares die Treibachsen in zwei für sich verstellbare, aber gleichwohl unter sich gekuppelte Gruppen zu trennen, oder aber zwei solcher Treibachsengruppen durch je ein besonderes Cylinderpaar von einem gemeinschaftlichen Kessel aus zu bedienen.

§ 3. Fortsetzung. Ein Markstein der Entwickelung der Eisenbahnbaukunst: Die Semmeringbahn. — Von der ersten Überschienung der Alpen mittels der Eisenbahn über den Semmering ist im ersten Kapitel bereits kurz die Rede gewesen. Mit der Semmeringbahn beginnt ein neuer Abschnitt des Eisenbahnbaues. Hier ist ein erfolgreicher Vorschritt zu einer höheren Aufgabe geschehen und von da ab übernehmen im gebirgigen Teile Europas heimische Ingenieure die Führung auf dem Gebiete der Eisenbahnbaukunst. Die Namen Ghega und Negrelli, Etzel und Pressel, Thommen, Gerwig, Keißler, Sommeiller, Grattoni und Grandis werden stets einen Ehrenplatz in der Geschichte des Verkehres und mithin des Völkerwohles behaupten. Die Semmeringbahn ist aber nicht blos merkwürdig dadurch, daß sie eine Fülle neuer Anregungen und Erfahrungen auf dem Gebiete des Eisenbahnunterbaues schuf, sondern sie förderte auch neue Grundformen zu Tage für Maschinen zur Fortbewegung schwerer Lasten, insbesondere auf Gebirgsbahnen. Die wichtigsten Grundformen für den Bau der heutigen Lokomotiven waren allerdings 1831 bereits gegeben. Zu solchen Konstruktionen aber, wie sie am Schlusse des vorigen Paragraphen angedeutet wurden, gab die im Jahre 1850 erfolgte Preisausschreibung zur Erlangung zweckmäßiger Lokomotiven für die Semmeringbahn den ersten Anstoß[12]. In den zum Wettbewerbe eingesandten Lokomotiven und Entwürfen sind bereits alle Grundgestalten von schweren Lastzug- und Gebirgsmaschinen vertreten, welche zum Teil sich seitdem erhalten haben, teils aber eine Zeitlang vom Schauplatze verschwunden sind, um später unter anderen Namen, wenn auch wesentlich verbessert, wieder aufzutauchen und ihren Platz zu behaupten[13].

Daß der zur Entscheidung über die Semmering-Preislokomotiven eingesetzte Fachausschuß, welcher einer völlig neuen Aufgabe gegenüberstand, für deren Beurteilung es an Erfahrungen und Vorbildern gänzlich mangelte, die Aufgabe nicht richtig erfaßte und fehlerhaft entschied, indem er sein Augenmerk hauptsächlich auf Brennstoffersparniß und auf Beweglichkeit, aber gar nicht auf Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit richtete — darf ihm nicht zum Vorwurfe gemacht werden. Fehler ähnlicher Art haben sich späterhin noch oft herausgestellt, wo es sich um wesentliche Neuerungen in der Ingenieurkunst handelte, und sie sind zu Marksteinen des Fortschrittes geworden für unsere, hauptsächlich auf Erfahrung beruhende Wissenschaft. Engerth berichtet nun[14]: „Es wurde keine der Konkurs-Lokomotiven, obgleich sie mitunter sehr sinnreiche und neue Konstruktionen enthielten und großer Kraftäußerung fähig waren, als zum Nachbauen geeignet erachtet."

Haswells Lokomotive „Vindobona" indessen, aus der Maschinenfabrik der Wien-Gloggnitzer Eisenbahngesellschaft, „die einzige unter den vier Preislokomotiven, gegen deren fernere Anschaffung", nach Engerth, „die Kommission

[12]) A. v. Schmid, Mitteilungen über die Vorbereitung der materiellen Mittel zum Betriebe der Eisenbahn über d. Semmering, Wien 1852 (Sonderabdruck aus der Zeitschr. d. österr. Ing. Ver. 1851, Nr. 17—23).

[13]) Engerth, Die Lokomotiven der Staats-Eisenbahn über den Semmering, Wien 1854 (S. A. aus der Zeitschr. d. österr. Ing. Ver. 1853 und 1854); Birk, Die neueren Fortschritte im Lokomotivbau, Wochenschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1890, Nr. 31 und 32.

[14]) a. a. O. S. IV.

sich bestimmt ausgesprochen hat", ist nach Vornahme einiger Abänderungen eine der besten Maschinen geworden, und hat nicht nur alle anderen lange überdauert, sondern im Vereine mit dem dazumal gleichfalls verworfenen Entwurfe für eine achträderige Lokomotive von Tourasse das Vorbild geliefert für die heutige Semmering- und Brennerlokomotive.

Den Preis hatte 1851 die Lokomotive „Bavaria" von Maffei in München davongetragen. Die Achsen des Tenders waren, gleich denen der Lokomotive, unter sich durch Kuppelstangen verbunden; und zur Übertragung der Bewegung von den Lokomotiv- auf die Tenderachsen, sowie gleichzeitig zur Kuppelung von Lokomotive und Tender, diente eine Gelenkkette ohne Ende. Hiedurch war allerdings Beweglichkeit und Verwertung des Gesamtgewichtes von Lokomotive und Tender zur Ausnutzung der Zugkraft erreicht, allein es fehlte die Dauerhaftigkeit. Es war nicht möglich, auch nur acht Tage lang die Kette dienstfähig zu erhalten[15]) und man ist mit dieser Lokomotive über die Probefahrten überhaupt nicht hinausgekommen.

Von Engerths Semmeringlokomotive, bei welcher, ähnlich wie in einem zweiten Entwurfe von Tourasse für eine zwölfräderige Maschine mit Drehgestellen, die Übertragung der Bewegung auf die für sich gekuppelten Tenderachsen mittels dreier Zahnräder beabsichtigt war, hat sich nur die richtige Zusammenhängung zwischen Lokomotive und Tender erhalten, während das Zahnradgetriebe sich als eben so wenig dauerhaft erwies, wie Maffei's endlose Kette.

Die durch Maffei in München und Kirchweger in Hannover vorgeschlagene Anwendung einer Blindachse zur Übertragung der bewegenden Kraft auf die Achsen des Tenders ist zehn Jahre später durch Pius Fink verbessert und auf die Berglokomotive „Steierdorf" angewendet worden, welche sich trefflich bewährt haben soll[16]), ohne daß sie aber weitere Verbreitung gefunden hätte.

Lokomotiven nach der von C. Kraus in Hannover entworfenen Bauart[17]), welche schon 1830 durch Vignoles und Ericson für starke Steigungen beantragt worden war, sind ein Jahrzehnt darauf unter der Bezeichnung Fell'scher Maschinen zur Ausführung und unter anderem auf der Nebenbahn über den Mont-Cenis-Paß zur Anwendung gelangt, bis der große Tunnel durch den Col de Fréjus, der sogenannte Mont-Cenis-Tunnel, vollendet und die Hauptbahn von Susa nach Modena eröffnet war.

Der nach Plänen des Ingenieurs Lausmann durch Cockerill in Seraing (Belgien) zum Wettbewerbe am Semmering gelieferten Doppellokomotive „Seraing" begegnen wir nach zwanzig Jahren wieder als „Fairlie"-Lokomotive, und sie hat insbesondere auf Schmalspurbahnen, z. B. auf der Festiniogbahn[18]), sowie in Sachsen sehr gut entsprochen, bis auf die in der verwickelten Bauart begründeten häufigen Ausbesserungen. Eine zweite Grundform für die Semmeringbahn bestimmt gewesener Doppellokomotiven, nämlich die Maschine „Wiener Neustadt" von Günther in Wiener Neustadt und der ihr ähnliche Entwurf von Cockerill ist 1873 auf der Wiener Weltausstellung als Meyer'sche Tenderlokomotive wieder aufgetaucht und hat in der, 1889 auf der Weltausstellung zu Paris vorgeführten Doppel-Verbund-Tender-

---

15) Engerth, a. a. O. S. 23.

16) Mitteilungen über die zur Londoner Ausstellung im Jahre 1862 von der k. k. priv. Österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft gesendeten Gegenstände.

17) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., VIII. Band, 1853.

18) C. E. Spooner, Narrow Gauge Railways, II. ed., London, 1879.

Lokomotive von Mallet eine höchst vollkommene Ausbildung und seither auf Voll- und Schmalspurbahnen vielfach Anwendung erfahren. Der feste Radstand der Mallet'schen Lokomotive beträgt nur 1,8 bis 2,5 m, der gesamte Radstand dagegen 6,3 bis 8 m; der Raddruck 7,25 bis 7,5 t, und da die Maschine keinen Tender besitzt, so kann ihre ganze geäußerte Zugkraft zur Fortbewegung des Wagenzuges dienen. Der Raddruck ist hier allerdings größer, als bei der heute sogenannten „Semmering-Lokomotive", wo er nur 6 t beträgt[19]. Letztere hat für Güterzüge vier, für Personenzüge drei Achsen, welche sämmtlich gekuppelt sind und einen Radstand von 3,56, bezw. 2,95 m ergeben; auch ist ein Tender von 27 t Gewicht vorhanden. Der bedeutenderen Radbelastung der Mallet-Lokomotive steht, als für den Oberbau jedenfalls günstig, ihre größere Beweglichkeit und ihr ruhiger Gang gegenüber und es ist zu erwarten, daß sie die meisten der bisher mit Vorspannlokomotiven beförderten Züge, die ja selten das doppelte Gewicht eines einfachen, mit einer Lokomotive fortbewegten Zuges besitzen, allein fortzuschaffen imstande sein werde, ohne den Oberbau mehr in Anspruch zu nehmen.

§ 4. Fortsetzung. Weitere Ausgestaltung der Lokomotive. — Lokomotiven mit nur zwei Achsen sind heute selten geworden; auch solche mit zwei Laufwerken und einer Treibachse werden kaum mehr gebaut[20]. Zu Anfang der 1870er Jahre hat M. M. von Weber vierräderigen Lokomotiven, und zwar mit gekuppelten Achsen, einige Verbreitung verschafft. Sie sind aber für die Zugförderung auf Hauptbahnen bald wieder außer Gebrauch gekommen, und werden nur noch auf Nebenbahnen und zum Verschiebedienst verwendet. Alle neueren Lokomotiven haben mindestens ein Laufwerk und zwei gekuppelte Achsen, obschon man wohl weiß, daß die Kuppelung große Reibung und entsprechenden Arbeitsverlust verursacht. Die gekuppelten Achsen werden möglichst gleichmäßig belastet.

T. V. § 92. [1] Die möglichst gleichmäßige Belastung der gekuppelten Achsen ist anzustreben.

[3] Zur Ausgleichung der Radbelastung wird die Einschaltung von Hebeln empfohlen.

Der Treibraddurchmesser bei Lokomotiven für Hauptbahnen mit Vollspur beträgt heute 1,00 bis 2,3 m. Der Gesamtradstand mißt zwischen 2,5 und 10,9 m, der feste Radstand aber 2,5 bis 5,74 m. Bei den ganz schweren Maschinen mit drei und mehr steif gekuppelten Achsen ist indessen durch Weglassung der Spurkränze an den Rädern von Mittelachsen u. s. w. für die Erleichterung des Durchfahrens von Bögen gesorgt.

Einer Zeit des Suchens nach zweckmäßigen Lokomotivarten, welche zu einer schier unabsehbaren Vielzahl von Lokomotiven um so eher geführt hatte, als zahlreiche selbständige Bahnverwaltungen und nach eigenen Grundsätzen bauende Lokomotivfabriken auf eigene Faust dabei vorgingen, ist heute eine Zeit der Einschränkung auf eine möglichst kleine Zahl von Bauarten zur Gewinnung vorteilhafter, übereinstimmender Teilformen gefolgt[21]. Die Hauptgrundsätze für Bau und Ausrüstung unter sich zusammenhängender Bahnen sind sowohl in Europa als in Amerika unwesentlich verschieden. Dort wie hier tragen jährliche Versammlungen der maß-

---

19) Victor Kramer, Der Maschinendienst der Brennerbahn.

20) Siehe Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., X. Erg.-Bd.; sowie v. Littrow a. a. O.

21) S. den Aufsatz: Lokomotive von Schrey in der Encycl. d. Eisenbahnw., von S. 2283 an.

gebenden Fachmänner, sowie eine gut geleitete Fachpresse zum Austausch gesammelter Erfahrungen und zur Aufstellung leitender Grundsätze bei. Im Rahmen der letzteren stellen große Bahnverwaltungen Musterpläne selbständig oder im Einvernehmen mit größeren Lokomotivfabriken auf. In Amerika[22]) beziehen sich die Musterpläne mehr auf Lokomotivbestandteile, seltener auf Lokomotiv-Vorbilder. Bei uns herrschen letztere vor. In Amerika bestehen für eine große Zahl von Einzelheiten der Lokomotiven und Wagen besondere Fabriken, welche einander mehr durch Neuerungen und Verbesserungen, als durch billige Preise zu drücken trachten. Die Anwendung einheitlicher Grundsätze für die Herstellung gleichartiger Bestandteile ist dort allgemein durchgeführt, wodurch sowohl eine gleichmäßige, billige Anfertigung mittels besonderer Werkzeugmaschinen, als auch die Haltung von Ersatzstücken und Mustern wesentlich erleichtert wird. Die Muster werden von Zeit zu Zeit einer gründlichen Überprüfung unterzogen und hemmen daher in keiner Weise den Fortschritt, um so weniger, als man sich nicht scheut, anerkannt gute, gesetzlich geschützte Gegenstände in die Bahnmusterpläne aufzunehmen.

Das Jahr 1876 brachte als mächtigen Fortschritt die Anwendung der Verbunddampfmaschine bei den Lokomotiven[23]); mit dem Schluß des letzten Jahrzehntes wurden Drehgestelle nach amerikanischem Muster bei kräftigen Lokomotiven für Schnell- und Personenzüge allgemein gebräuchlich.

Der Compound- oder Verbund-Dampfmaschine liegt folgender Gedanke zu Grunde:

Daß es vorteilhaft sei, den Dampf mittels Ausdehnung (Expansion) arbeiten zu lassen, hatte man schon frühzeitig erkannt, und hierauf bezügliche Vorrichtungen waren längst eingeführt. Mit der Expansion des Dampfes geht aber eine Abkühlung Hand in Hand. Dampf von 10 at z. B. hat nach Fliegner[24]) 179°, solcher von 1 at dagegen nur 99° C. Strömt nun am Ende des Kolbenlaufes wieder frischer Dampf unter hoher Spannung in den Cylinder, so findet er dessen Wände abgekühlt und es tritt eine teilweise Verdichtung ein. Es ist also nicht zweckmäßig, mit der Expansion in einem Cylinder über eine gewisse Grenze hinauszugehen; und je höher der Dampfdruck im Kessel, in um so unvollkommener ausgenutztem Zustande, unter um so höherer Spannung und Temperatur muß man den Dampf entlassen, selbst wenn die Füllung des Cylinders keine vollständige war. Man kam deshalb auf den Einfall, den Dampf aus dem einen Cylinder in einen zweiten von größerem Durchmesser eintreten und dort weiter expandieren zu lassen. So entstand zuerst die Woolf'sche Maschine. Bei dieser entweicht dann der Dampf aus dem zweiten Cylinder in den Kondensator. Die Kondensation war schon 1852 durch Kirchweger bei Lokomotiven angewendet und 1854 an vier durch Cockerill für die Holsteinischen Bahnen gebauten Maschinen erprobt worden. Bei den vergleichenden Versuchen wurde eine Cokes-Ersparniß von etwa 20% festgestellt[25]). Diese Einrichtung hat sich indessen nicht eingebürgert, weil man, abgesehen von der Beschränktheit des für bewegliche Maschinenteile zur Verfügung stehenden Raumes, außerstande ist, einen zur Verdichtung des Abdampfes hinreichenden Wasservorrat mitzuführen. Bei den Woolf'schen Maschinen haben wir es also mit zwei zusammengehörigen

---

22) Vgl. v. Littrow, a. a. O. S. 45.

23) v. Borries, Compound-Locomotiven, Encycl. d. Eisenbahnw., S. 821.

24) Civilingenieur 1874.

25) Eisenbahnzeitung, XII. Jahrg. 1854, S. 83.

Cylindern zu thun, deren erster den Dampf unter hohem Druck und hoher Temperatur aus dem Kessel empfängt und daher Hochdruckcylinder heißt, während dem zweiten, größeren Cylinder der Dampf aus dem Hochdruckcylinder unter bedeutend ermäßigtem Druck und erniedrigter Temperatur zugeführt wird, weßhalb derselbe Niederdruckcylinder genannt wird. Beide Cylinder sind so eingerichtet, daß ihre entgegengesetzten Enden mit einander in Verbindung gebracht werden können. Beide Kolben bewegen sich gleichzeitig in demselben Sinne und beide haben nur eine gemeinschaftliche Steuerung.

Die ersten, durch den Schweizer Mallet erbauten Verbundlokomotiven besitzen, wie die gewöhnlichen Lokomotiven, nur zwei Cylinder; der eine ist Hochdruckcylinder und eng, der andere Niederdruckcylinder und weit. Weil aber die Bewegung der Kolben nicht übereinstimmt, indem die Kurbeln etwa um 90° verstellt sind, so kann nicht, nachdem der Hochdruckkolben am Ende seines Hubes angelangt ist, sofort der benutzte Dampf aus dem Hochdruckcylinder am entgegengesetzten Ende des Niederdruckcylinders eingelassen werden, denn der Kolben in letzterem hat ja gegen dasselbe Cylinderende hin noch die Hälfte seines Weges zurückzulegen. Der Dampf muß also einstweilen in einen Vorraum oder Zwischenbehälter, „Receiver", strömen und dort aufbewahrt werden, bis auch der Niederdruckkolben am Ende seines Hubes angelangt ist. Jeder Cylinder bedarf einer besonderen Steuerung.

Große Temperaturwechsel in der äußeren Luft vermögen indessen eine größere oder geringere Verdichtung des Dampfes im Zwischenbehälter zu bewirken und hiedurch das richtige Verhältnis der Dampfspannungen in Hoch- und Niederdruckcylinder zu stören. Es ist daher schwierig, ein übereinstimmendes Arbeiten beider Dampfmaschinen zu erzielen und ein Schlingern der Lokomotive zu verhüten, und man verlegt wenigstens die Cylinder so weit als möglich gegen die Mitte der Lokomotive zurück.

Die durch Webb gebaute Verbundlokomotive der englischen Nordwestbahn hat drei Cylinder: an jeder Seite einen Hochdruckcylinder, welche die eine Treibachse treiben, und in der Mitte einen Niederdruckcylinder, welcher die zweite Treibachse treibt. Die beiden Treibachsen sind nicht gekuppelt.

Eine Schwierigkeit ergab sich bei den Verbundlokomotiven ursprünglich beim Anfahren, wenn der Kolben im Hochdruckcylinder auf dem toten Punkte stand und die Dampfspannung im Zwischenbehälter zur Ingangsetzung des Zuges nicht hinreichte. Man mußte eine Vorrichtung anbringen, um in diesem Falle dem Niederdruckcylinder Dampf aus dem Kessel geben zu können. Die erste und verbreitetste Lösung dieser Aufgabe hat v. Borries erdacht.

In Amerika ist auch die Woolf'sche Maschine — nur selbstverständlich ohne Kondensation — auf Lokomotiven angewendet worden, und hat nach Samuel M. Vauclain's Entwurf durch die Baldwin'sche Lokomotivbauanstalt in Philadelphia weite Verbreitung gefunden[26]. Vauclain's Verbundlokomotive hat vier Cylinder[27], deren je ein Paar, aus Niederdruck- und Hochdruckcylinder bestehend, eine Woolf'sche Maschine bildet, eine Steuerung besitzt und an der einen Seite des Rahmenwerkes

[26]) Dies Werk lieferte seit 1881 jährlich rund eintausend Lokomotiven aller Art und ist wohl das größte der Welt.

[27]) Siehe Vauclain's Compound Locomotive in The Journal of the Franklin Institute, Vol. CXXXII, No. 787, Juli 1891, S. 1.

angebracht ist. Die beiden zusammengehörigen Kolben wirken auf einen gemeinschaftlichen Kreuzkopf.

Johnstone's Verbundlokomotive hat gleichfalls zwei Cylinderpaare. Der Hochdruckcylinder liegt hier im Innern des zugehörigen Niederdruckcylinders, dessen Kolben daher ringförmig ist.

Bei Sondermann's Bauart, welche durch die Lokomotivfabrik Krauss & Co. in München ausgeführt wird, ist in höchst sinnreicher Weise der Niederdruckcylinder hinter dem Hochdruckcylinder angeordnet.

Alle Arten von Lokomotiven kommen mit und ohne Schlepptender vor. Im letzteren Falle heissen sie Tenderlokomotiven, und es ist dann auf oder unter dem Kessel der Speisewasserbehälter und seitlich oder dahinter der Brennstoffkasten angebracht.

Schlepptender sind am Platze, wo man große Wasser- und Brennstoffvorräte mitzuführen hat. Einige englische und amerikanische, aber zur Zeit noch keine mitteleuropäischen Bahnen bedienen sich der, 1860 gemachten Erfindung Ramsbottom's, mittels welcher der Tender während der Fahrt sich selber mit Wasser versorgt, weshalb ein entsprechend größerer Kohlenvorrat mitgeführt werden kann. Auf wagrechten Strecken der freien Bahn liegt in der Gleismitte ein schmaler und möglichst langer, rinnenförmiger Trog, der mit Wasser gefüllt erhalten wird. Während des Darüberfahrens läßt man das gekrümmte, mit einem Gelenk versehene Ende einer, in den Wasserkasten des Tenders emporführenden Röhre in den Trog eintauchen, und wenn dabei die Geschwindigkeit der Fahrt mindestens 35 Stundenkilometer beträgt, so wird das Wasser aufgefaßt und in den Tender hinaufgeschleudert.

Tenderlokomotiven gestatten vor- und rückwärts zu fahren ohne Einschränkung der Geschwindigkeit und brauchen daher nicht gedreht zu werden.

T. V. § 171. [1] Die Fahrt der Lokomotive mit dem Tender voran ist bei allen Zügen, jedoch nur bis zu einer Geschwindigkeit von höchstens 45 km in der Stunde gestattet.

[2] Tenderlokomotiven dürfen vor- und rückwärts mit gleich großer Geschwindigkeit fahren.

Sie besitzen geringe Länge und ringsum geschlossene Führerstände. Als Nachteile werden genannt schwere Zugänglichkeit der Einzelteile, geringe Vorratmenge und kleine Heizfläche bei gleicher Achsbelastung.

§ 5. Heutige Eisenbahnfuhrwerke. — Die beiden Hauptgruppen der Eisenbahnfuhrwerke, die Wagen und Lokomotiven, zerfallen wieder jede in eine Anzahl von Unterabteilungen, welche je nach dem Zwecke, dem sie hauptsächlich dienen, von verschiedener Bauart sind, und im Folgenden kurz gekennzeichnet werden sollen. Die Tender zählen, als Zugehör der Lokomotiven, mit in die zweite Gruppe. Wir haben demnach:

A. Wagen.

I. Wagen zur Personenbeförderung, ferner zur Beförderung der Post und des Gepäckes;

II. Wagen zur Lasten- oder Güterbeförderung;

III. Wagen für Bau- und Betriebszwecke.

B. Lokomotiven.

Lokomotiven, die ohne Feuerung oder nicht mit Wasserdampf betrieben werden, gehören in die achte, solche für Schmalspurbahnen in die siebente Abteilung dieses

Werkes. Wir beschäftigen uns also hier nur mit gewöhnlichen, d. h. mit Feuerung und Dampfmaschine versehenen Lokomotiven für Eisenbahnen mit sogen. „Vollspur" (1,435 m). Man unterscheidet zuweilen Lokomotiven für Haupt- und Lokalbahnen. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht aber nur bezüglich des Gewichtes. Lokalbahnen sollen billig sein, sie erhalten leichte Schienen und bedürfen daher auch leichter Lokomotiven.

Eine zweckmäßige Einteilung ist diese:

I. Personenzuglokomotiven;
II. Güterzuglokomotiven;
III. Gebirgslokomotiven;
IV. Leichte Lokomotiven für Lokalbahnen und den Verschiebedienst.

Eine Abart der Personenzuglokomotiven, für ohne Unterbrechung lange fortdauernde Fahrt mit großer Geschwindigkeit eingerichtet, dient ausschließlich zur Beförderung der Eilzüge. Güterzuglokomotiven von gewöhnlicher Bauart versehen zugleich den Personenzugdienst auf Gebirgsbahnen. Gebirgslokomotiven befördern fast nur Lastzüge, jedoch nicht ausschließlich auf Gebirgsbahnen, sondern mitunter auch im Hügellande, wo Steigungen von 10‰ und darüber vorherrschen.

Auf dem Gebiete der Lokomotivbaukunst macht sich heute ein kräftiges Bestreben geltend, die Leistungsfähigkeit der Maschinen zu vergrößern; denn die Anforderungen des Verkehres drängen auf Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und Erhöhung der Zuggewichte. Die erforderliche Vermehrung der Zugkraft verlangt aber Erhöhung der Heizwirkung und der Dampfspannung, was höheres Lokomotivgewicht zur Folge hat. Da ein Übergang zu beträchtlich größeren Achsbelastungen unthunlich erschien wegen der geringen, bisher verwirklichten Fortschritte in der Schaffung eines entsprechend kräftigeren Oberbaues, so wurden, wie der am 16. und 17. Oktober 1890 in Bozen eingesetzte Unterausschuß des V. D. E. V. im November 1892 berichtete, die bis dahin im Vereine bevorzugten Lokomotivbauarten mit drei Achsen verlassen und neue Bauarten mit vier und mehr Achsen eingeführt. Zur Beseitigung der größeren Bewegungswiderstände, welche diese mehrachsigen Lokomotiven in Bögen ergeben, werden fast allgemein Drehgestelle und Lenkachsen in Anwendung gebracht. Eilzugmaschinen nach amerikanischer Grundform, mit vorderem zweiachsigen Drehgestell, Treibachse unter dem Langkessel und Kuppelachse unter oder hinter dem Feuerkasten, sind heute in allen Ländern der Erde verbreitet, in Deutschland und Österreich aber vorherrschend, während noch 1873 auf der Wiener Weltausstellung unter den Betriebsmitteln europäischer Bahnen nur eine einzige solche Maschine vertreten war, nämlich die im Jahre 1870 durch G. Sigl in Wr.-Neustadt für die österreichische Nordwestbahn gebaute Personen- und Eilzuglokomotive[28]).

Auch bei der Ausführung der sonstigen schweren Lokomotiven zeigt sich durchgehends das gleiche Bestreben, welches in einzelnen Fällen zu einer vollkommen gelenkigen Anordnung der Achskuppelungen geführt hat.

Die Absicht, eine Erhöhung der Leistung der Lokomotiven durch vorteilhaftere Ausnutzung des Dampfes und günstigere Bedingungen für die Heizwirkung des Brennstoffes zu erreichen, hat zu vielfacher Anwendung der Verbundwirkung bei

---

[28]) Bericht über den Bau und den Bestand der k. k. priv. Österr. Nordwestbahn, Wien 1873.

Lokomotiven geführt, wodurch in einzelnen Fällen Wasser- und Brennstoffersparungen von 30 % und darüber erzielt worden sein sollen. Da indessen noch nicht feststeht, ob gleich günstige Ergebnisse sich nicht auch auf anderem Wege erreichen ließen, so ist die Anregung zu weiteren Versuchen und Fortschritten auf diesem Gebiete gegeben.

Alle Arten von Eisenbahnfuhrwerken werden mit und ohne Bremsen gebaut, wovon es eine große Anzahl sinnreicher Konstruktionen giebt[29]. Die Wirkung der Bremsen wird im § 38 besprochen.

In Deutschland und Österreich sind außer sämtlichen Tendern (T. V. § 118) etwa die Hälfte aller Personen- und der dritte Teil aller Güterwagen mit Bremsen ausgerüstet. Die verhältnismäßige Anzahl der in einem Zuge nötigen Bremswagen hängt ab von der Fahrgeschwindigkeit und vom Gefälle. Hierauf bezügliche Vorschriften geben die §§ 157 und 158 der „Technischen Vereinbarungen“.

Von den Vorkehrungen, um das Durchfahren von Krümmungen zu erleichtern, wird im § 17 eingehend die Rede sein.

Der Versuch, Wagenachsen so einzurichten, daß sie sich nach dem Mittelpunkte der Bahnkrümmungen einstellen, scheint bereits 1827 bei den vierräderigen Wagen der Linz-Budweiser Pferdebahn gemacht worden zu sein. Alle älteren Einrichtungen sind indessen nicht durchgedrungen. Klose's „Radial-Achsen“ kamen zuerst bei Personenwagen der Vereinigten Schweizerbahnen in Gebrauch[30]. „Freie Lenkachsen“, eine Erfindung Nowotny's, finden sich auf den sächsischen Staatsbahnen etwa seit 1873[31]. Sie sind weit billiger als Drehgestelle und ihre Wirkung ist überraschend günstig (vgl. § 17). Auf englischen Bahnen verkehren heute auch achträderige Wagen mit Lenkachsen und etwa 9 bis 10 m Radstand. Am günstigsten für das Durchfahren von Krümmungen sind jedoch Drehgestelle. Fahrzeug und Oberbau werden durch sie am meisten geschont, wenn sie auch das Gewicht des Untergestelles vermehren und den Wagen etwas verteuern. Im zweiten Abschnitte dieses Kapitels wird die Bewegung der Fahrzeuge in Krümmungen ausführlich behandelt.

Ein den Fahrzeugen aller europäischen Bahnen leider anhaftender Mangel sind die weit von einander abstehenden Doppelpuffer, welche das Ein- und Auskuppeln ohne Dazwischentreten unmöglich machen, und alljährlich zu zahlreichen Unglücksfällen führen. Die vereinzelt zur Anwendung gelangten Vorrichtungen, um die Kuppelung von außen zu bewerkstelligen, haben nur den Wert von Notbehelfen. In Amerika sind alle Eisenbahnfuhrwerke mit einem Puffer in der Mitte und damit verbundener selbstthätiger Kuppelvorrichtung ausgerüstet.

Aus den zur Zeit giltigen „Normalien für Betriebsmittel der preußischen Staatsbahnen“ läßt sich Folgendes entnehmen:

Die meisten Wagengattungen haben drei Achsen bei 6 bis 8 m Radstand. Fester Radstand mit verschiebbarer Mittelachse kommt bis zu 6,5 m vor; alle Arten dreiachsiger Wagen sind übrigens auch mit Lenkachsen vorhanden. Bei den zweiachsigen Wagen finden sich Radstände von 3 bis 6 m, und zwar werden bis 5,5 m Radstand noch teilweise Steifachsen, bei 6 m nur Lenkachsen angewendet. Zwei-

---

29) Siehe die ausführliche Arbeit Kienesperger's in der Encycl. d. Eisenbahnw., S. 693.

30) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1874.

31) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1883, S. 10.

achsige Drehgestelle mit 1,8 bis 2,0 m Radstand besitzen nur die Plattformwagen; die hierher zu rechnenden Langholzwagengestelle haben 2,5 m Radstand.

Die Lokomotiven der preußischen Staatsbahnen laufen auf zwei bis fünf Achsen mit einem festen Radstande von 175 bis 450 cm. Zwei bis vier Achsen sind gekuppelt. Das Gewicht der Maschine ist auf sämtliche Tragfedern ziemlich gleichförmig verteilt. Der Druck der Treib- und Kuppelräder auf die Schienen beträgt bei Schnellzuglokomotiven bis 7,5 t, bei Güterzuglokomotiven zwischen 5 und 7,5 t.

Die Tender haben zwei, drei oder vier Achsen, und zwar im letzteren Falle zwei Drehgestelle. Der Raddruck der Tender im Dienste steigt etwas über 5 t. Die Tender können 12 bis 18 cbm Wasser und bis 5 t Kohlen führen. Ausführlichere Angaben enthalten die nachfolgenden Zusammenstellungen.

Diese Zusammenstellungen von Grundformen der Fahrbetriebsmittel geben dem, mit einem Eisenbahnentwurfe betrauten Bauingenieur Anhaltspunkte zur Wahl für seinen Zweck geeigneter Fahrzeuge, sowie zum Veranschlagen des Bedarfes an solchen. In diesem Sinne sind auch die Abbildungen zu verstehen. Eingehendere Belehrung suche man in den gelegentlich angeführten Werken und Abhandlungen. Die Preise von Fahrbetriebsmitteln unterliegen derartigen Schwankungen, daß auch die in die Zusammenstellung aufgenommenen Kostenbeträge nur zu Schätzungen taugen. Nützlicher wird dem Ingenieur die Kenntnis der Bezugsquellen sein, von wo gegebenen Falles Preise und sonstige Einzelheiten jederzeit rasch zu erfahren sind.

§ 6. A. Wagen. I. Wagen zur Personenbeförderung, ferner zur Beförderung der Post und des Gepäckes. — Die verschiedene Bauart und Einrichtung der eigentlichen Personenwagen richtet sich hauptsächlich danach, ob dieselben dem Nah- oder Fernverkehre zu dienen haben.

In England konnte man an den vierräderigen Wagen mit verhältnismäßig großem Radstande um so mehr festhalten, als das beinahe durchweg günstige Gelände eine Linienführung mit flachen Bögen fast überall gestattete und die einfache Bauart und bequeme Abteilung, auch wenn die innere Ausstattung der Wagen eine verhältnismäßig bescheidene ist, jenen Anforderungen genügt, die man bei mäßigem Fahrpreise und der durch die Beschränktheit der Entfernungen sowohl als durch die Raschheit der Fahrt bedingten Kürze der Reisedauer billiger Weise stellen kann.

Auf dem europäischen Festlande ist die Ausbildung der Eisenbahnfuhrwerke, wie bereits angedeutet, von vielerlei Gesichtspunkten aus erfolgt. Fast jede der zahlreichen Eisenbahnverwaltungen stellte nach Gutdünken ihre eigenen Muster auf. Das gewährte aber zweifellos den Vorteil, daß eine große Zahl der mannigfachsten Bauarten erprobt und eine reiche Fülle von Erfahrungen gewonnen wurde. Die Gründung des Vereines Deutscher Eisenbahnverwaltungen hat in der Folge zum gegenseitigen Austausche der Erfahrungen und zu deren Verwertung in weitem Kreise geführt, sowie eine gewisse Einheitlichkeit angebahnt.

Thatsache ist, daß die mit der englischen Bauart verbundene Abteilung der Wagen in einzelne, nur von außen zugängliche Gemache (Abteil, Coupé) (Abb. 1, 2 S. 94) das rasche Aus- und Einsteigen begünstigt, namentlich wenn die Bahnsteige (Perrons), wie in England, hoch genug sind, um ebenen Fußes in den Abteil eintreten zu können und man nicht, wie bei uns, zu einem lebensgefährlichen Auf- und Abklettern gezwungen wird, eine Einrichtung, die der Engländer sich daheim einfach

nicht gefallen läßt. Den Schaffnern aber wird, wofern sie während der Fahrt nach den Reisenden sehen sollen, der Dienst erschwert und gefährdet. Ein Zug nach amerikanischer Art eingerichteter Wagen dagegen läßt sich der ganzen Länge nach im Inneren durchschreiten, wobei der Zutritt von einem Wagen zum anderen durch eine Überbrückung der Kuppelstelle vermittelt wird. Man hat gegen die Einzelgemache u. a. eingewendet, daß sie räuberische Überfälle erleichterten. Allein bekanntlich verstehen Eisenbahnräuber von Fach auch die amerikanische Einrichtung zu ihrem Vorteil auszunützen und durch ihr „hands up" im vollen Durchgangswagen weit größere Geschäfte zu machen, als ihre europäischen Berufsgenossen im einzelnen Wagenabteil. Sicherlich sind aber die Personenwagen Amerikas, wenigstens in den Wagenklassen, auf deren Benutzung die überwiegende Mehrzahl der Fahrgäste angewiesen ist (siehe Abb. 8, 9, 10, S. 94 u. 95), für längere Reisen das Unbequemste und Unbehaglichste, was sich denken läßt. Man hat daher in neuerer Zeit, infolge einer durch Heusinger von Waldegg bereits 1863 gegebenen Anregung[32]), auf Vereinsbahnen das Nützliche der amerikanischen Einrichtung mit dem Angenehmen der englischen zu verbinden gesucht, indem man für die höheren Wagenklassen Personenwagen mit abschließbaren einzelnen Abteilungen und einem, an denselben seitlich, jedoch im Inneren des Wagens vorüberführenden Durchgange baute (Abb. 18, S. 95), für die dritte Wagenklasse aber die amerikanische Einteilung im Wesentlichen beibehielt (Abb. 14, S. 95). Auch hat man nach amerikanischem Vorbilde die Personenwagen mit Abort und Waschvorrichtung ausgerüstet; daß aber zu letzterer auch Seife und Handtuch gehört, hat man den Amerikanern bis zur Stunde noch nicht abgelernt. In Amerika ist anderseits begonnen worden, für den Gebrauch anspruchsvollerer Reisenden Wagen mit besonderer, alle erdenkliche Bequemlichkeit bietenden Ausrüstung in Verkehr zu setzen, deren Benutzung aber auch entsprechend teuerer ist. Amerikanische Wagen der neueren und vollkommeneren Bauart und Einrichtung (vgl. Abb. 19, 20, 22, S. 96) verkehren auch in gewissen, Europa von einem Ende zum anderen ohne Unterbrechung in mehrtägiger Reise durchfahrenden Zügen, und insbesondere die amerikanischen Schlaf- und Speisewagen haben sich bereits überall eingebürgert, wo das Bedürfnis danach sich geltend machte und ihre Einführung sich auszahlte.

Auf die Einrichtung der einzelnen Wagengattungen näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. Die Abbildungen 1 bis 25 dürften indessen genügen, indem sie mehrere mustergiltige Bauarten ihrem Wesen nach vor Augen führen. In Zusammenstellung I findet man die wichtigsten Angaben über neuere Personenwagen verschiedener Bahnverwaltungen nach dem X. Erg.-Bd des Organs für die Fortschr. des Eisenbahnw. (O), nach Schützenhofer in Röll's „Encycl. des Eisenbahnw." (E), sowie, betreffs amerikanischer Muster, nach v. Littrow (L). Man lese auch die Aufsätze „Personenwagen" und „Schlafwagen" von Schützenhofer in der Encycl. Um Vergleiche zu ermöglichen, enthält die Zusammenstellung das Leergewicht auf den Sitzplatz und eine ungefähre Berechnung der auf den Sitzplatz entfallenden Bodenfläche. Ersteres giebt einen Maßstab für die Zweckmäßigkeit der betreffenden Bauart vom wirtschaftlichen Standpunkte, letzteres vom Standpunkte der Bequemlichkeit. Die sogenannten „first class cars" amerikanischer Eisenbahnen können sich mit europäischen Wagen I. Klasse nicht entfernt messen. Man betrachte nur in den

[32]) Ztg d. Ver. deutscher Eisenb.-Verw. 1863.

Abbildungen die schmalen, eng zusammengedrängten Sitze. Solche Wagen lassen sich höchstens unserer II. Klasse an die Seite stellen, wie es denn auch in der Zusammenstellung geschehen ist. Die amerikanischen Rauchwagen sind etwa unserer III. Klasse vergleichbar. Während aber bei uns auf diejenigen Reisenden, welche vom Rauchen nicht belästigt sein wollen, seitens der Bahnverwaltungen wenig oder gar keine Rücksicht genommen wird, ist auf englischen und amerikanischen Bahnen das Rauchen nur in den eigens „für Raucher" bestimmten Abteilen oder Wagen gestattet, eine wahre Wohlthat für die gewiß weit überwiegende Zahl derer, welche nicht das Bedürfnis haben, während einer längeren Reise unausgesetzt im eigenen und fremden Qualm zu verweilen. Die in der Zusammenstellung angegebenen Preise können natürlich je nach den Zeitverhältnissen sich ändern. Nach Schützenhofer[33]) lassen sich die Anschaffungskosten von Personenwagen für die Tonne Eigengewicht annähernd veranschlagen, wie folgt:

Personenwagen	I. und I/II. Klasse	1300	bis	1600 ℳ.
„	II. „	1200	„	1450 ℳ.
„	II/III. „	1000	„	1200 ℳ.
„	III. „	950	„	1100 ℳ.

Das Gewicht eines Reisenden kann man durchschnittlich zu 80 kg, samt Gepäck zu 100 kg veranschlagen. Da in Amerika das Gepäck in der denkbar einfachsten Weise abgefertigt und bis zu 100, ja selbst 150 Pfund Gewicht umsonst befördert wird, so sind in den dortigen Personenwagen nur sehr dürftige Einrichtungen zur Unterbringung von Handgepäck getroffen. In der nachfolgenden Zusammenstellung wurde demgemäß bei Berechnung des Achsdruckes das Gewicht eines Reisenden für europäische Wagen auf 100 kg, für amerikanische dagegen nur auf 80 kg angesetzt. Wo nichts besonderes bemerkt ist, beziehen sich die Eigengewichte stets auf Wagen mit Bremsen. Die unterste Grenze für das, auf einen Sitzplatz entfallende tote Gewicht dürfte für Lokomotiveisenbahnen mit 170 bis 180 kg (Nr. 34, 58 und 59 der Zusammenst.) zu bemessen sein, während die oberste Grenze der durch die Wagner-Co. zur Ausstellung in Chicago gelieferte, auch durch verschwenderische Ausstattung hervorragende Abteil-Schlafwagen darstellt, wo auf einen Platz 3783 kg Leergewicht und 3,64 qm Bodenfläche entfallen. Bei der Wahl der Personenwagen für eine zu erbauende Bahn sollte indessen nicht die Niedrigkeit der Anschaffungskosten entscheiden, sondern auch das Augenmerk gerichtet werden auf Bequemlichkeit bei verhältnismäßig großer Tragfähigkeit und eine, geringen Widerstand, namentlich in Bögen, verursachende Anordnung der Laufwerke. Zur Verminderung des toten Gewichtes sind zweistöckige Wagen (Abb. 7, S. 94) vermutlich zuerst in Indien auf Oberst Kennedy's Vorschlag[34]) gebaut worden. Solche können natürlich nur dem Nahverkehre dienen. In dieser Hinsicht haben aber die einfachen Abteilwagen der Illinois Central Bahn (Abb. 6, S. 94) trefflich entsprochen, deren Gewicht fast eben so klein ist und deren etwas geringere Geräumigkeit durch die größere Bequemlichkeit beim Ein- und Aussteigen, sowie durch bessere Sicherung vor dem Rauche der Maschine weit aufgewogen wird. Selbst der Durchgangswagen mit Stehplätzen, Nr. 59 der Zusammenstellung, dürfte da noch vorzuziehen sein.

---

[33]) Encycl. d. Eisenbahnw. S. 2643.

[34]) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1875.

I. Grundformen von Personen-,

Laufende Nummer	Wagengattung und Eigentumsverwaltung	Anzahl der Sitzplätze: Schlafplätze	Anzahl der Sitzplätze: Klasse I	Anzahl der Sitzplätze: Klasse II	Anzahl der Sitzplätze: Klasse III	Gewicht: leer t	Gewicht: auf den Sitzplatz kg	Achsen: Steif-	Achsen: Lenk-	Achsen: in Drehgestell	Achsen: mit Querverschiebung
	I. Europäische Eisenbahnen.										
	A. Vierachsige Wagen.										
	a) Abteilwagen.										
1.	Kgl. preuß. Eisenb.-Dir. Erfurt . . .	—	10	32	—	31,7	755	—	—	2×2	—
2.	„ „ „ (rechtsrh. Köln)	—	10	28	—	30,7	808	—	—	2×2	—
3.	London u. North-Western	12	—	—	—	26,6	2 217	—	—	2×2	—
4.	„ „ „	—	7	6	19	21,4	668	—	—	2×2	—
5.	„ „ „	—	7	28	—	20,0	571	—	—	2×2	—
6.	Niederländ. Staatsbahnen	—	15	21	—	20,8	578	—	—	2×2	—
7.	Elsaß-Lothringische Bahn	—	10	28	—	32,0	843	—	—	2×2	—
	b) Durchgangswagen.										
8.	Kgl. preuß. E.-D. Frankfurt a/M. . .	—	20	—	—	15,5	775	—	—	2×2	—
9.	„ „ „ „ . . .	—	12	24	—	16,9	470	—	—	2×2	—
10.	„ „ „ „ . . .	—	—	16	39	16,2	295	—	—	2×2	—
11.	„ „ „ „ . . .	—	—	—	60	15,8	263	—	—	2×2	—
12.	„ „ „ (linksrh.) Köln . .	10	6	9	—	34,1	1 364	—	—	2×2	—
13.	„ „ „ Magdeburg	—	4	24	—	29,0	1 035	—	—	2×2	—
14.	Jura-Simplonbahn	—	11	32	—	23,0	535	—	—	2×2	—
	c) Postwagen.										
15.	Kgl. preuß. E.-D. Erfurt	—	—	—	—	26,3	—	—	—	2×2	—
	d) Gepäckwagen.										
16.	Kgl. preuß. E.-D. Frankfurt a/M. . .	—	—	—	—	16,2	—	—	—	2×2	—
	B. Dreiachsige Wagen.										
	a) Salonwagen.										
17.	Großh. Oldenbg. E.-D.	14		—	—	20,9	1 489	—	2	—	1
	b) Abteilwagen.										
18.	Kgl. sächs. St.-E.	—	6	27	—	19,0	577	—	2	—	1
19.	„ württemb. St.-E.	—	12	21	—	21,4	650	—	2	—	1
20.	„ preuß. E.-D. Hannover	—	5	21	—	17,0	654	—	2	—	1
	b) Durchgangswagen.										
21.	Kgl. preuß. St.-E.	—	5	21	—	17,9	690	—	2	—	1
22.	„ württ. „	—	6	32	—	21,4	565	—	2	—	1
	d) Postwagen.										
23.	K. k. österr. St.-B.	—	—	—	—	13,9	—	—	2	—	1
	C. Zweiachsige Wagen.										
	a) Abteilwagen.										
24.	Kgl. preuß. E.-D. Berlin (Stadtbahn) .	—	—	32	—	12,5	390	2	—	—	—
25.	Elsaß-Lothringische Bahnen	—	—	—	56	16,9	302	—	2	—	—
26.	Kgl. preuß. St.-B.	—	—	—	50	13,0	260	2	—	—	—
27.	„ „ „	—	5	23	—	14,6	523	2	—	—	—
28.	Elsaß-Lothringische B.	—	10	20	—	19,0	634	—	2	—	—
29.	Paris-Orléans-B.	—	—	20	30	11,0	220	2	—	—	—

Post- und Gepäckwagen.

Achsstand m steif	Achsstand m ganzer	Kasten Länge m	Kasten Breite für Sitze m	Kasten Bodenfläche qm	Ungefähre Bodenfläche auf den Sitzplatz qm	Achsdruck bei voller Belastung kg	Kosten des Wagens ℳ.	Bauanstalt Bemerkungen	Abbildung und Quelle
								O. bedeutet „Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw.“ L. „ v. Littrow. E. „ Encyclopädie d. E. W.	
2,5	13,5	16,1	2,4	38,7	0,92	9 000	36 000	Breslauer Act.-Ges. f. Eisenb.-Wagenbau	1. O.
2,5	13,4	15,0	2,4	36,0	0,95	8 600	35 000	v. d. Zypen & Charlier, Deutz	O.
2,44	10,8	12,7	2,4	30,5	2,54	7 000	—	Bahnwerkst. Wolverton	L.
2,44	10,8	12,7	2,4	30,5	0,95	6 200	—	„ „ (Pers. u. Gep.)	L.
2,44	10,8	12,7	2,4	30,5	0,87	5 900	—	„ „ „ „	2. E.
?	?	12,6	2,4	30,3	0,84	6 100	—	?	E.
?	?	15,0	2,4	36,0	0,95	8 900	—	?	E.
2,0	9,1	9,9	2,2	21,8	1,09	4 400	—	v. d. Zypen & Charlier	L.
2,0	9,1	9,9	2,3	22,8	0,63	5 100	18 100	„ „	12. O.
2,0	9,1	9,9	2,4	23,8	0,43	5 400	16 500	„ „	13. O.
2,0	9,1	9,9	2,5	24,8	0,41	5 400	14 000	„ „	14. O.
2,5	15,0	16,0	2,1	33,6	1,34	9 300	39 800	„ „	18. O.
2,5	14,0	16,0	2,1	33,6	1,20	7 900	38 000	„ Görlitzer u. Bresl. A.-G.	O.
?	?	13,2	2,4	31,7	0,74	6 800	—	?	E.
2,5	10,5	11,8	2,6	30,7	—	8 040	21 100	Ladung t 6,0 — v. d. Zypen & Charlier	24. O.
2,0	9,1	10,0	2,8	28,0	—	5 230	13 200	Ladung t 7,5 — „ „	25. O.
—	8,5	11,3	2,5	28,3	2,00	7 270	27,500	„ „	23. O.
—	8,5	11,3	2,5	28,3	0,86	7 400	17 200	Breslauer A. G.	O.
—	9,0	11,6	2,4	27,8	0,84	8 200	19 100	Nürnberger M. B. A. G.	3. O.
—	7,5	10,0	2,4	24,0	0,92	6 500	—	?	E.
—	7,5	10,0	2,0	20,0	0,77	6 800	—	Breslauer A. G.	L.
—	8,5	11,1	2,0	22,2	0,58	8 400	19 400	Görlitzer A. G.	15. O.
—	7,0	9,9	2,5	24,8	—	6 310	11 500	Ladung t 5,0 — Simmeringer M. & W. B. A. G.	O.
4,6	4,6	8,2	2,4	19,7	0,62	7 800	10 800	Görlitzer A. G. und Breslauer A. G.	O.
—	8,4	11,0	2,0	22,0	0,39	11 250	12 500	de Dietrich & Co., Reichshofen	4. O.
5,0	5,0	8,0	2,4	19,2	0,38	9 000	—	?	E.
5,5	5,5	9,0	2,4	21,6	0,77	8 700	—	?	E.
—	9,0	11,8	2,4	28,4	0,95	11 000	—	?	5. E.
5,5	5,5	8,5	2,5	21,2	0,42	8 000	—	?	E.

Laufende Nummer	Wagengattung und Eigentumsverwaltung	Anzahl der Schlafplätze	Anzahl der Sitzplätze Klasse I	II	III	Gewicht leer t	Gewicht auf den Sitzplatz kg	Achsen Steif-	Lenk-	in Drehgestell	mit Querverschiebung
	b) Durchgangswagen.										
30.	Französ. Ost-B.	—	26	—	—	14,0	538	2	—	—	—
31.	Österr. Staatsbahnen	—	—	—	48	10,6	222	—	2	—	—
32.	„ „	—	12	16	—	12,7	453	—	2	—	—
33.	Gotthardbahn (Galeriewagen)	—	21	—	—	12,5	595	—	2	—	—
	c) Zweistöckige Wagen.										
34.	Französ. Westbahn	—	—	40	36*)	12,1	171	—	2	—	—
	d) Gepäckwagen.										
35.	Großh. badische St.-B.	—	—	—	—	12,8	—	—	2	—	—
36.	„ oldenburg. E.-D.	—	—	—	—	9,9	—	2	—	—	—
	II. Amerikanische Eisenbahnen.										
	a) Schlafwagen.										
*37.	Pullman Company	26	—	—	—	50,8	1 954	—	—	2×3	—
*38.	„ „	20	—	—	—	51,0	2 550	—	—	2×3	—
39.	Wagner Company	12	—	—	—	45,4	3 783	—	—	2×3	—
40.	„ „	22	—	—	—	45,4	2 063	—	—	2×3	—
41.	Canadian Pacific (f. Einwanderer) . .	64	—	—	—	29,6	463	—	—	2×2	—
42.	„ „	22	—	—	—	42,7	1 941	—	—	2×3	—
43.	Krabel Company	20	—	—	—	29,1	1 455	—	—	2×3	—
	b) Speisewagen.										
*44.	Pullman Company	—	40	—	—	52,0	1 300	—	—	2×3	—
45.	Wagner „	—	30	—	—	45,4	1 513	—	—	2×3	—
46.	Canadian Pacific	—	30	—	—	38,6	1 286	—	—	2×3	—
	c) Salonwagen.										
47.	Pullman Company	—	30	—	—	48,2	1 286	—	—	2×3	—
48.	Wagner „	—	26	—	—	40,9	1 573	—	—	2×3	—
49.	Central of N. Jersey	—	68	—	—	38,2	568	—	—	2×3	—
	d) Gew. Personenwagen.										
50.	Pullman Company	16	17	—	—	47,6	1 440	—	—	2×3	—
51.	„ „	—	—	64	—	36,7	573	—	—	2×2	—
52.	New-York Central	—	—	84	—	43,3	515	—	—	2×3	—
53.	Canadian Pacific	—	—	56	—	29,6	529	—	—	2×2	—
54.	Baltimore and Ohio	—	—	67	—	32,1	479	—	—	2×2	—
55.	Pennsylvania	—	—	66	—	37,2	564	—	—	2×3	—
56.	Old Colony	—	—	78	—	29,8	370	—	—	2×2	—
57.	Chicago Burlington	—	—	60	—	24,3	405	—	—	2×2	—
	e) Hochbahnwagen.										
58.	Illinois Central	—	—	—	80	14,2	178	—	—	2×2	—
59.	South Side Rapid Train	—	—	—	80	13,2	165	—	—	2×2	—
60.	Pennsylvania Co.	—	—	—	50	15,0	300	—	—	2×2	—
	f) Rauch- und Gepäckwagen.										
61.	Pullman Co.	—	—	—	23	50,9	—	—	—	2×3	—
62.	Baltimore and Ohio	—	—	—	56	31,6	—	—	—	2×2	—

Achsstand m steif	Achsstand m ganzer	Kasten Länge m	Kasten Breite für Sitze m	Kasten Bodenfläche qm	Ungefähre Bodenfläche auf den Sitzplatz qm	Achsdruck bei voller Belastung kg	Kosten des Wagens ℳ.	Bauanstalt Bemerkungen	Abbildung und Quelle
5,7	5,7	9,5	2,0	19,0	0,73	8 300	—	?	E.
—	6,0	7,7	2,4	18,5	0,38	7 700	—	?	16. E.
—	6,0	7,7	2,4	18,5	0,66	7 800	—	?	17. E.
—	5,0	8,0	2,2	17,6	0,84	7 300	—	?	E.
—	3,8	6,6	(2,4)	31,6	0,41	9 900	—	(*) Dachsitze) Charles frères, Mans	7. L.
								Ladung t	
—	6,5	10,5	2,5	26,2	—	10 100	8 830	7,5 Fuchs, Heidelberg	O.
4,3	4,3	6,8	2,6	17,7	—	6 500	6 000	5,0 Düsseldorfer A. G. (Postraum)	O.
								Die mit * bezeichneten Wagen verkehren auch auf europäischen Bahnen.	
3,2	19,7	21,1	2,1	44,3	1,70	8 800	—	Pullman Co. (mit Waschzimmern)	19. L.
3,2	19,7	21,1	2,1	44,3	2,22	8 800	—	„ „	20. L.
3,2	20,3	21,8	2,0	43,6	3,64	7 700	—	Wagner Co.	L.
3,2	20,3	21,8	2,0	43,6	1,98	7 900	—	„ „	L.
2,4	15,6	17,2	2,2	37,8	0,59	8 700	—	Bahnwerkst. Montreal	21. L.
3,2	19,7	21,0	2,1	44,1	2,00	7 400	—	„ „	L.
3,0	17,1	19,0	2,1	40,0	2,00	5 100	—	St. Charles Company	L.
3,2	19,7	(21,0)	2,1	(44,1)	0,80	9 200	—	Pullman Company (etwa $^1/_4$ Küche)	L.
3,2	20,3	(21,8)	2,0	(43,6)	1,00	7 900	—	Wagner „ „	22. L.
3,2	17,7	(19,2)	2,1	(40,3)	1,00	6 800	—	Bahnwerkst.	L.
3,2	19,7	21,1	2,1	44,3	1,47	8 300	—	Pullman Co.	L.
3,2	20,3	21,8	2,0	43,6	1,68	7 200	—	Wagner „	L.
3,0	20,2	21,6	2,0	43,2	0,63	7 300	—	Harlan & Hollingsworth	L.
3,2	19,7	21,1	2,1	44,3	1,34	8 400	—	Pullman Co.	L.
2,4	16,5	18,1	2,1	38,0	0,59	10 500	—	„ „	8. L.
3,2	20,3	21,7	2,2	47,8	0,57	8 300	—	Bahnwerkst. West-Albany	L.
2,4	15,6	17,2	2,1	36,2	0,65	8 500	—	„ Montreal	9. L.
2,4	16,5	18,2	2,0	36,4	0,54	9 400	—	Pullman Co.	L.
3,2	14,8	16,3	2,0	32,6	0,49	7 100	—	„ „	10. L.
2,4	16,6	18,0	2,1	37,8	0,48	9 000	—	„ „	L.
2,2	14,2	16,0	2,1	33,6	0,56	7 300	—	Jackson Sharp	L.
1,5	8,9	10,4	2,5	26,0	0,32	5 150	—	Verschiedene. (Abteilwagen)	6. L.
1,5	11,4	11,5	2,4	27,6	0,34	4 900	—	(32 Stehplätze.) Jackson Sharp	L.
1,5	7,5	10,1	2,1	21,2	0,42	4 800	—	Verschiedene. (Durchgangswagen)	L.
3,2	19,1	(20,9)	2,7	—	—	8 900	—	Pullman Co. (enthält Beleuchtungsmaschine, Barbierstube, Bad)	L.
2,4	16,5	(12,0)	2,1	25,2	0,45	—	—	„ (etwa $^1/_3$ Gepäckraum)	11. L.

...Cl. der kgl. preuß. Eisenbahn-Direktion ... der Zusammenst.).

... und II. Cl. mit Gepäckraum der ... Bahn (Nr. 5 der Zusammenst.).

Abb. 4. Abteilwagen III. Cl. der Elsaß-Lothringischen Bahnen (Nr. 25 der Zusammenst.).

... II. Cl. der Elsaß-Lothringischen Bahnen ... der Zusammenst.).

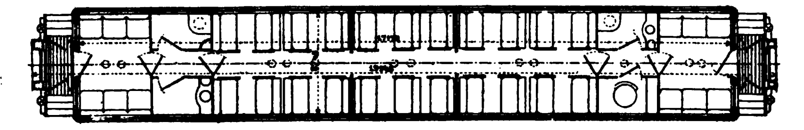


Abb. 9. Durchgangswagen, sog. I. Cl., der Canadischen Pacific-Eisenbahn (Nr. 53 der Zusammenst.).

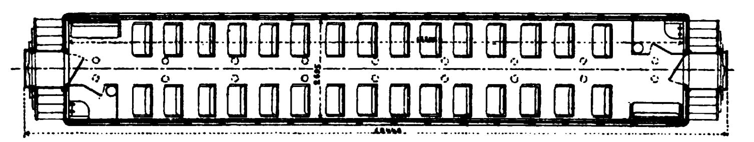


Abb. 10. Durchgangswagen, sog. I. Cl., der Pennsylvanischen Eisenbahn (Nr. 55 der Zusammenst.).

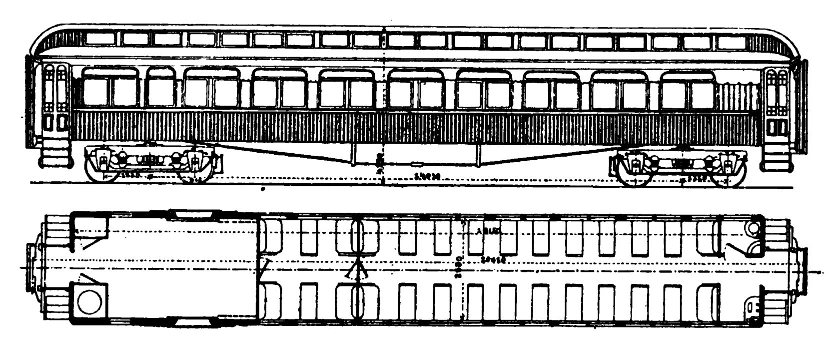


Abb. 11. Durchgangs-(Rauch-)Wagen mit Gepäckraum der Baltimore- und Ohio-Bahn (Nr. 62 der Zusammenst.).

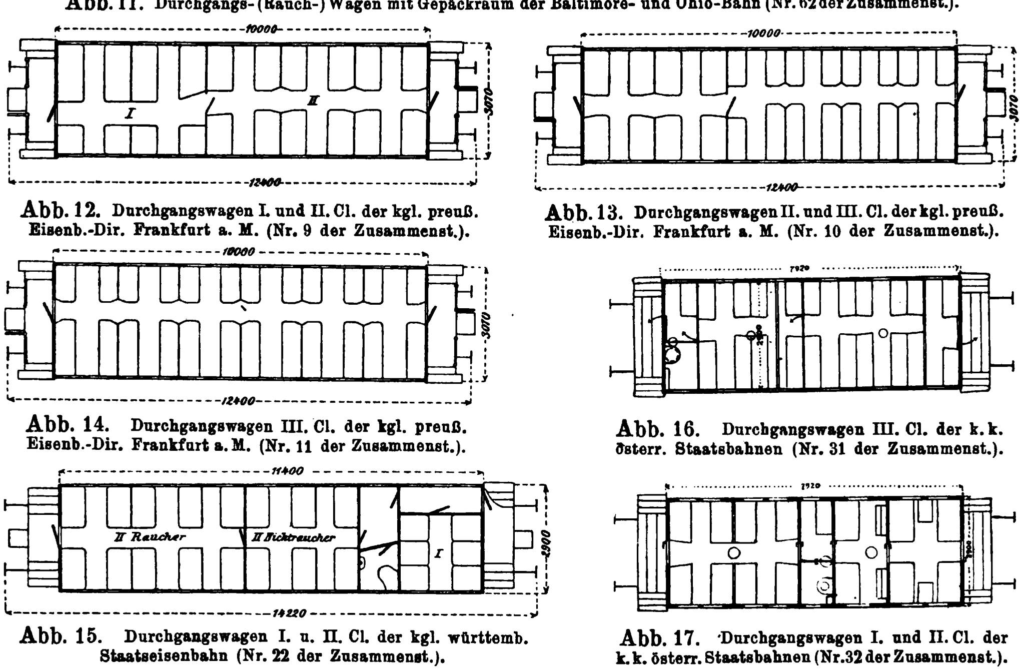


Abb. 12. Durchgangswagen I. und II. Cl. der kgl. preuß. Eisenb.-Dir. Frankfurt a. M. (Nr. 9 der Zusammenst.).

Abb. 13. Durchgangswagen II. und III. Cl. der kgl. preuß. Eisenb.-Dir. Frankfurt a. M. (Nr. 10 der Zusammenst.).

Abb. 14. Durchgangswagen III. Cl. der kgl. preuß. Eisenb.-Dir. Frankfurt a. M. (Nr. 11 der Zusammenst.).

Abb. 16. Durchgangswagen III. Cl. der k. k. österr. Staatsbahnen (Nr. 31 der Zusammenst.).

Abb. 15. Durchgangswagen I. u. II. Cl. der kgl. württemb. Staatseisenbahn (Nr. 22 der Zusammenst.).

Abb. 17. Durchgangswagen I. und II. Cl. der k. k. österr. Staatsbahnen (Nr. 32 der Zusammenst.).

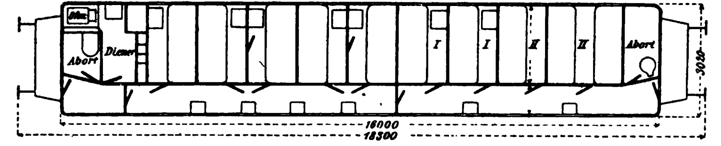


Abb. 18. Durchgangswagen (Abteile mit Seitengang) I. und II. Cl. mit Schlafplätzen der kgl. preuß. Eisenb.-Dir. (linksrh.) Köln (Nr. 12 der Zusammenst.).

…llman-Company (Nr. 37 der Zusammenst.).

…er Pullman-Company (Nr. 38 der Zusammenst.).

…wanderer (für je zwei Reisende ein Bett) der …isenbahn (Nr. 41 der Zusammenst.).

…Wagner-Company (Nr. 45 der Zusammenst.).

§ 7. II. Wagen zur Güterbeförderung[35]. — Es sind zu unterscheiden:

a) offene Güterwagen;

b) bedeckte Güterwagen;

c) Viehwagen;

d) Wagen für besondere Zwecke.

In England sind vierräderige Güterwagen, in Amerika achträderige mit Drehgestellen seit jeher vorherrschend. Auf dem europäischen Festlande verkehren hauptsächlich Güterwagen mit zwei Achsen und von ziemlich übereinstimmenden Hauptabmessungen, namentlich wenn sie auf fremde Bahnen übergehen sollen. Der Radstand ist kurz zur Ermöglichung eines gedrängten Baues der Brückenwagen und eines ausgedehnten Gebrauches kleiner, leichter Drehscheiben beim Verschiebedienst. Der feste Radstand beträgt selten über 4,5 m und soll, nach § 123 der T. V., nicht kleiner sein als 2,5 m. § 134 der T. V. verlangt, daß alle Wagen, mit Ausnahme der Arbeitswagen, mit Federn versehen seien.
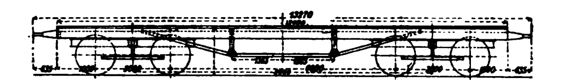


Abb. 26. Plattformwagen d. k. k. priv. Kaiser-Ferdinands-Nordbahn. (Nr. 1 der Zusammenst.). 1 : 200.

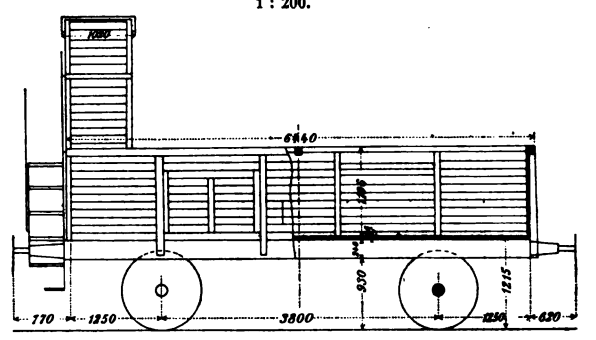


Abb. 27. Offener Güterwagen der Kaiser-Ferd.-Nordbahn. (Nr. 8 der Zusammenst.). 1 : 100.

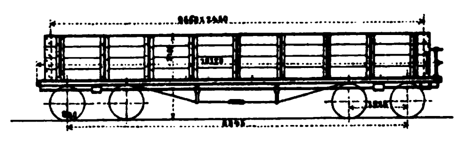


Abb. 28. Kohlenwagen der Harvey Steel Car Works, Harvey Ill. (Nr. 39 der Zusammenst.). 1 : 200.

Mit der Radbelastung ist man bei manchen Gattungen von Güterwagen, wie aus der Zusammenstellung II. zu ersehen, schon nahezu so weit gelangt, wie bei Güterzuglokomotiven; auch treten in verschiedenen Fällen bereits Lenkachsen und Drehgestelle auf. wenn auch der leichte zweiachsige Wagen noch weitaus überwiegt, denn die durchschnittlichen Verkehrsverhältnisse gestatten die Einführung der großen Güterwagen vor der Hand nur bis zu einem ganz bestimmten Grade.

Während aber in den meisten Ländern Europas die Hauptbestandteile, insbesondere die Untergestelle der Güterwagen, von unwesentlichen Verschiedenheiten der Abmessungen abgesehen, jenen der Personenwagen gleich sind, ist der amerikanische Güterwagen in allem vom Personenwagen abweichend. Die Drehgestelle sind in der Regel zweiachsig mit 1,53 m Radstand. Nur gewisse Sonderwagen für Geschütze, Kessel, Kabel u. dgl. haben dreiachsige Drehgestelle.

a) Offene Güterwagen (Abb. 26, 27, 28).

Diese Wagengattung zeichnet sich durch Einfachheit, Leichtigkeit und vielseitige Verwendbarkeit aus. Offene Güterwagen sind am bequemsten zu beladen und zu entleeren, nicht aber zur Beförderung von Gütern aller Art geeignet. Ihre Zahl

[35]) Siehe auch Schützenhofer, Güterwagen, Encycl. d. Eisenbahnw. S. 1945, sowie H. v. Littrow, Das Eisenbahnwesen auf der Weltausstellung in Chicago.

II. Grundformen

Laufende Nummer	Wagengattung und Eigentumsverwaltung	Gewicht leer t	Gewicht Ladung t	Gewicht auf eine Tonne Ladung kg	Achsen Steif-	Achsen Lenk-	Achsen in Drehgestell	Achsen mit Querverschiebung
	I. Europäische Eisenbahnen.							
	A. Vier- und sechsachsige Wagen.							
	a) Offene Güterwagen.							
1.	Plattformw. k. k. priv. Kais.-Ferd.-Nordb.	11,6	20,0	579	—	—	2×2	—
2.	„ k. preuß. E.-D. (rechtsrh.) Köln	25,7	47,3	545	—	—	2×3	—
3.	„ k. k. Österr. Staatsb.	14,3	25,0	572	—	—	2×2	—
	B. Zweiachsige Wagen.							
	a) Offene Wagen.							
4.	K. k. pr. Kaiser-Ferd.-Nordb.	7,3	15,0	486	2	—	—	—
5.	Deutsch-Nordischer Lloyd, Rostock	7,7	15,0	517	2	—	—	—
6.	Kgl. preuß. E.-D. (rechtsrh.) Köln	8,2	15,0	547	2	—	—	—
7.	K. k. österr. St.-B.	6,4	15,0	426	2	—	—	—
8.	K. k. pr. Kaiser-Ferd.-Nordb.	6,5	15,0	433	2	—	—	—
9.	Kgl. preuß. E.-D. (rechtsrh.) Köln	8,0	15,0	536	2	—	—	—
10.	Holländ. E.-G.	7,0	15,0	466	2	—	—	—
11.	K. ungar. St.-E.	6,8	15,0	456	2	—	—	—
12.	K. preuß. E.-D. (rechtsrh.) Köln	7,5	15,0	500	2	—	—	—
13.	Englischer Kohlenwagen	4,8	8,1	590	2	—	—	—
14.	Paris-Lyon-Méditerrannée	5,3	10,0	532	2	—	—	—
15.	Öst.-Ung. St.-E.-G.	5,5	11,3	484	2	—	—	—
16.	Kgl. preuß. St.-B.	7,8	15,0	523	2	—	—	—
17.	„ „ E.-D. Köln	8,0	15,0	533	—	2	—	—
18.	„ „ „ „ (rechtsrh.)	9,3	15,0	617	—	2	—	—
	b) Gedeckte Wagen.							
19.	Großh. bad. St.-B.	10,4	15,8	659	—	2	—	—
20.	Kgl. preuß. St.-E.	9,7	15,8	620	2	—	—	—
21.	„ „ „	8,9	10,0	887	2	—	—	—
22.	„ „ „	7,6	10,0	761	2	—	—	—
23.	Dänische St.-B.	7,4	10,0	740	2	—	—	—
24.	Paris-Lyon-Méd.	7,9	10,0	794	2	—	—	—
25.	Große russische E.-B.	7,2	12,3	586	2	—	—	—
26.	K. k. österr. St.-B.	7,7	12,5	612	2	—	—	—
27.	Hessische Ludwigs-B.	9,8	15,0	653	2	—	—	—
28.	Holländische E.-B.	9,8	15,0	653	2	—	—	—
29.	Französ. Ostbahn	7,1	10,0	712	2	—	—	—

von Güterwagen.

Achsstand steif m	Achsstand ganzer m	Kasten od. Boden Länge m	Kasten od. Boden Breite m	Kasten od. Boden Bodenfläche qm	Achsdruck bei voller Belastung kg	Kosten des Wagens M.	Bemerkungen Bauanstalt	Abbildung	Quelle
2,0	10,0	12,0	2,8	33,8	7 900	4 900	Bahnwerkst. Floridsdorf	26	O.
3,0	11,0	13,0	2,9	37,7	12 170	12 900	v. d. Zypen & Charlier, Deutz		O.
2,0	10,0	12,0	2,6	31,6	9 800	—	?		E.
4,5	4,5	8,1	2,6	20,8	11 150	3 900	Bahnwerkst. Floridsdorf und Simmeringer A. G.		O.
4,5	4,5	7,8	2,5	19,6	11 350	3 500	Werkst. d. Gesellschaft		O.
4,0	4,0	6,7	2,8	19,0	11 600	3 150	Killing & Sohn, Hagen		O.
4,0	4,0	5,6	2,7	14,9	10 700	3 200	F. Ringhoffer, Smichov (Kohlenwagen)		O.
3,8	3,8	6,2	2,5	15,6	10 750	2 900	Bahnwerkst.; Ringhoffer; Simmering u. a. „	27	O.
3,3	3,3	5,3	2,9	15,3	11 500	3 200	v. d. Zypen & Charlier, Deutz „		O.
4,0	4,0	6,3	2,7	17,2	11 000	—	? „		O.
3,6	3,6	6,3	2,6	16,4	10 900	—	Ganz & Comp., Budapest „		O.
3,0	3,0	5,3	2,9	15,4	11 250	—	v. d. Zypen & Charlier, Deutz „		L.
2,7	2,7	4,5	2,1	9,5	6 450	—	? „		E.
2,7	2,7	5,2	2,5	13,3	7 650	—	? „		E.
2,5	2,5	4,4	2,6	11,5	8 400	—	? „		E.
4,5	4,5	7,7	2,8	21,8	11 400	—	? Cokeswagen		E.
—	6,0	10,2	2,7	27,6	11 500	—	v. d. Zypen & Charlier, Deutz, Niederbordwagen		L.
—	6,5	10,1	2,7	27,0	12 150	3 350	„ „ „ Plattformwagen		O.
—	6,0	9,9	2,6	25,3	13 100	3 440	H. Fuchs, Heidelberg	29	O.
4,5	4,5	7,9	2,8	21,8	12 750	3 750	Killing & Sohn, Hagen		O.
4,0	4,0	7,1	2,6	18,2	9 450	—	? mit Bremse		E.
4,0	4,0	7,1	2,6	18,2	8 800	—	? ohne „		E.
3,7	3,7	6,4	2,4	15,3	8 700	—	?		E.
2,7	2,7	5,4	2,5	13,4	8 950	—	?		E.
3,8	3,8	6,4	2,7	17,5	9 750	—	? (breite Spur)		E.
4,0	4,0	6,6	2,6	17,3	10 100	—	?		E.
4,5	4,5	8,9	2,5	22,5	12 400	—	?		E.
4,5	4,5	9,5	2,6	24,6	12 400	—	?		E.
3,8	3,8	5,9	2,5	14,9	8 550	—	?		E.

Laufende Nummer	Wagengattung und Eigentumsverwaltung	Gewicht leer t	Gewicht Ladung t	Gewicht auf eine Tonne Ladung kg	Achsen Steif-	Achsen Lenk-	Achsen in Drehgestell	Achsen mit Querverschiebung
	c) Viehwagen, gedeckt.							
30.	Kgl. preuß. Staatsb.	9,0	10,0	895	2	—	—	—
31.	Österr. Nordwestbahn	6,7	10,0	670	2	—	—	—
	d) Wagen für besondere Zwecke.							
32.	Kgl. preuß. E.-D. Erfurt, Dampfkessel-W.	15,5	5,0	—	—	2	—	—
33.	K. k. pr. Kaiser-Ferd.-Nordb.	6,5	15,0	430	2	—	—	—
34.	Kgl. preuß. E.-D. Berlin	7,5	10,0	751	—	2	—	—
35.	" " "	11,0	10,5	1 043	2	—	—	—
36.	" " "	11,2	10,0	1 120	2	—	—	—
	II. Amerikanische Eisenbahnen.							
	a) Offene Wagen.							
37.	Lumber Line, West-Virginia	10,5	27,2	382	—	—	2×2	—
38.	Old Colony	11,1	27,6	400	—	—	2×2	—
39.	—	11,1	27,6	400	—	—	2×2	—
40.	Internacional Mexicano	11,7	27,2	430	—	—	2×2	—
41.	Philadelphia & Reading	8,3	16,0	521	—	—	2×2	—
	b) Gedeckte Wagen.							
42.	Wisconsin Central	12,7	18,2	697	—	—	2×2	—
43.	—	13,1	27,2	479	—	—	2×2	—
44.	Michigan Central	12,6	27,2	465	—	—	2×2	—
45.	Buffalo-Rochester & Pittsburgh	13,8	27,2	507	—	—	2×2	—
46.	Eastman Line	13,7	18,2	753	—	—	2×2	—
	c) Viehwagen.							
47.	Streets Stable Car Line	13,5	18,2	742	—	—	2×2	—
48.	Burton Stock Car Comp.	14,9	13,6	1 095	—	—	2×2	—
49.	Canda Cattle Car Comp.	14,9	14,6	1 021	—	—	2×2	—
50.	Streets St. C. L.	13,5	18,2	742	—	—	2×2	—
	d) Wagen für besondere Zwecke.							
51.	Pennsylvania Rd.	18,7	27,2	684	—	—	2×2	—
52.	Eastman Line	17,3	27,2	762	—	—	2×2	—
53.	Hanrahan Refrig. Co.	19,3	27,2	709	—	—	2×2	—
54.	American Refrig. Transit Co.	17,5	22,7	771	—	—	2×2	—
55.	—	8,7	30,4 cbm = 25,4 t	343	—	—	2×2	—

Achsstand steif m	Achsstand ganzer m	Kasten od. Boden Länge m	Kasten od. Boden Breite m	Kasten od. Boden Bodenfläche qm	Achsdruck bei voller Belastung kg	Kosten des Wagens ℳ.	Bemerkungen Bauanstalt	Abbildung	Quelle
4,0	4,0	7,1	2,6	18,2	9 500	—	?		E.
3,5	3,5	6,4	2,5	16,0	8 350	4 950	Fabrik Bubna (Borstenviehwagen, 2stöckig)		—
—	5,5	7,1	2,8	19,6	10 250	10 125	Wegmann & Co. Cassel (zur Heizung der Personenw.)		O.
3,8	3,8	5,7	2,5	14,4	10 750	3 400	Nesselsdorfer A. G. (Kalk-Deckelwagen)		O.
—	7,0	5,0	2,7	13,6	8 750	2 350	Breslauer A. G. (zur Bef. von Spiegelscheiben)		O.
4,0	4,0	7,0	2,5	17,3	10 750	4 120	„ „ („ „ „ Butter)		O.
4,0	4,0	7,2	2,3	16,8	10 600	?	Düsseldorfer A. G. (zur Bef. von Bier)		O.
1,5	9,4	12,5	2,3	28,8	9 420	2300 bis 3000	Ensign Mfg. Co. Huntington (Plattformwagen)		L.
1,6	6,6	8,0	2,7	21,6	9 670	2 500	Keith „ Sagamore (Kohlenwagen)		L.
1,5	8,8	10,3	2,5	25,8	9 670	bis	Harvey Works, Harvey Ill. („)	28	L.
1,5	8,0	10,2	2,3	23,5	9 720		Ensign Mfg. Co. Huntington („)		L.
1,5?	7,3?	6,6	2,1	13,9	6 070	3 500	? („)		E.
1,6	8,8	10,2	2,5	25,5	7 720	—	Bahnwerkst.		L.
1,5	8,9	10,3	2,6	26,8	10 100	2 400	Harvey Steel Car Works	30	L.
1,5?	10,6?	10,5	2,4	26,2	9 950	bis	?		E.
1,5?	10,1?	10,1	2,5	25,3	10 250	3 000	?		E.
1,5	10,7	9,9	2,4	23,8	7 980	—	Eastman C. C. Boston (heizbarer Güterwagen)		L.
1,5	—	11,0	2,5	27,5	7 920	3 000	Street's Car Works, Chicago		—
1,5	—	11,0	2,5	27,5	7 120	bis	Carlisle Mfg. Co. Carlisle, Penn.		—
1,6	9,5	11,2	2,5	28,0	7 370	4 000	Ensign Mfg. Co. Huntington	31	L.
1,4	9,7	11,0	2,5	27,5	7 920	—	Street's C. W. Chicago (Pferdewagen)		L.
1,5	9,6	8,6	2,5	21,5	11 470	—	Bahnwerkst. Ft. Wayne, Ind. (Kühlwagen)		L.
1,5	10,3	10,3	2,5	25,8	11 120	—	Eastman Car Co. Boston, Mass. („)		L.
1,5	9,5	10,6	2,6	26,5	11 620	—	U. S. Car Co. Anniston, Ala. („)		L.
1,5	9,6	9,8	2,5	24,5	10 050	—	Wkst. der Gesellsch. St. Louis, Mo. („)		L.
1,5	8,8	9,4	2,0	—	8 500	—	Harvey Steel Car Works (Steinölwagen)	32	L.

die der gedeckten Güterwagen. Am stärksten nahe im Verhältnisse 11 : 1. Die Schweiz hat von beiden Gattungen gleich viele; dasselbe gilt nahezu von Österreich-Ungarn. In Deutschland ist die Anzahl offener Wagen mehr als das Doppelte der Anzahl bedeckter. Italien und Rumänien aber besitzen mehr gedeckte als offene Güterwagen, wodurch die Kohlenarmut dieser Länder zum Ausdrucke gelangt.

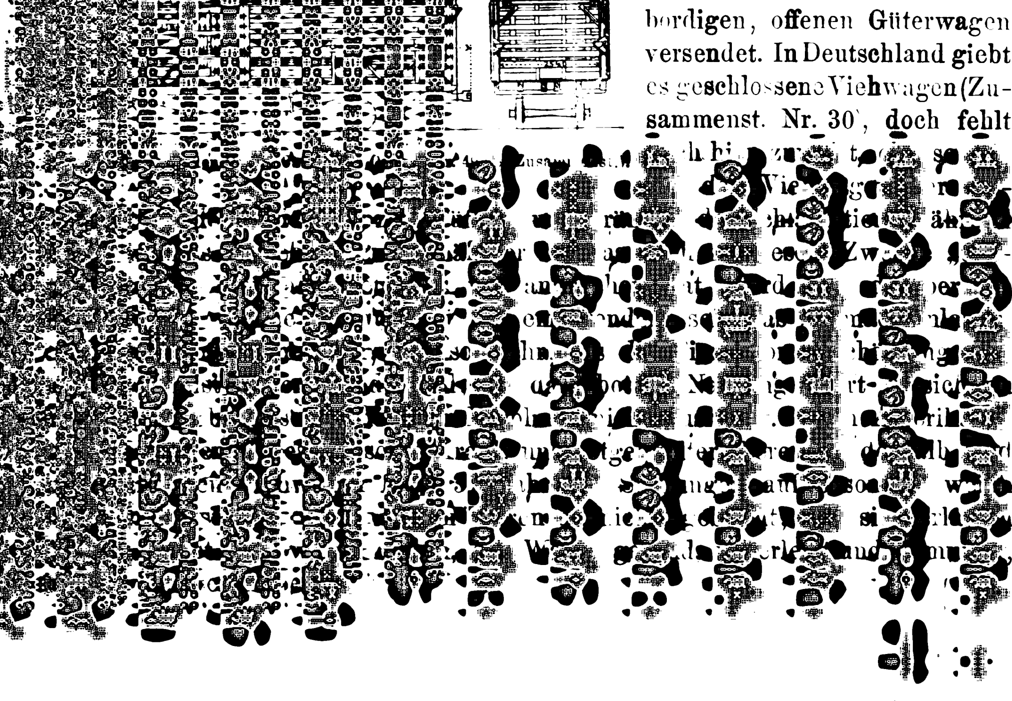
b) Bedeckte Güterwagen (Abb. 29 und 30).

Bedeckte Güterwagen sollen unter Umständen auch zur Beförderung von Mannschaft, Verwundeten und von Pferden dienen können. Eine Einrichtung zum erstgenannten ... s giebt Wagen dieser Gattung von besonders ... emüse u. dgl. Für die Beförderung frischen Obstes während des Winters kommen heizbare Güterwagen vor (Nr. 46 der Zusammenstellung), die im Sommer als gelüftete Eilgutwagen dienen.

... Car Works.

c) Viehwagen (Abb. 31).

Zur Beförderung von Kleinvieh, namentlich von Schweinen ... Ungarn und Galizien offene Wagen mit zwei ... brochenen Seitenwänden (Nr. 31 der Zusammenstellung). Auch das Großvieh wird dort meist auf hochbordigen, offenen Güterwagen versendet. In Deutschland giebt es geschlossene Viehwagen (Zusammenst. Nr. 30), doch fehlt



d) Güterwagen für besondere Zwecke. Diese Gruppe umfaßt Wagen der verschiedensten Art, deren jede aber nur zu dem Zwecke sich eignet, für welchen sie gebaut wurde. Die amerikanischen Viehwagen gehören eigentlich auch hieher. Die Live Poultry Transportation Co. in Chicago hat mehrere hundert Wagen im Betriebe, die zur möglichst schonenden Versendung lebenden Geflügels eingerichtet sind[36], welches in Amerika nach dem Gewichte gehandelt und daher wohlweislich vor einer, Gewichtsverluste herbeiführenden Versendungsart behütet wird.

Kühlwagen enthalten Eisbehälter und haben mehrfache Wände, Böden und Decken, welche bis zu 60 cm dick sind[37]. Auf amerikanischen Bahnen verkehren sie zu tausenden und dienen hauptsächlich zur Versendung frisch geschlachteten Fleisches von Chicago, St. Louis und Cincinnati nach dem Osten. In den Wagen kühlt das Fleisch während der Reise ebenso aus, wie anderseits in den Kühlräumen der Schlachthäuser, und das Fleisch aus Chicago kommt in New-York ebenso frisch zu Markte, wie in Chicago selbst. Kühlwagen dienen auch zur Obst-, Milch-, Butter- und namentlich zur Bierbeförderung. Jede Münchener Großbrauerei z. B. besitzt eine stattliche Anzahl Kühlwagen zur Versendung ihres Erzeugnisses.

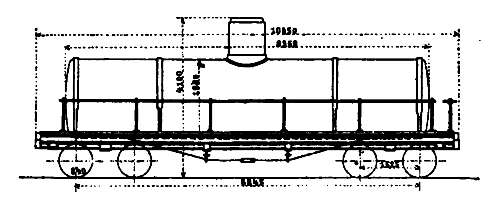


Abb. 32. Steinölwagen der Harvey Steel Car Works. (Nr. 55 der Zusammenst.). 1 : 200.

Steinöl-, Theer-, Spiritus-, Melassewagen u. dgl. (Abb. 32) tragen lange eiserne Kessel und haben fast ohne Ausnahme eiserne Gestelle, deren Dauer größer ist, als die von Holzgestellen und daher besser zu jener der Kessel stimmt.

§ 8. III. Wagen für Bau- und Betriebszwecke. — Die hieher gehörigen Fahrzeuge sind teils Personen-, teils Lastwagen, dienen aber nicht dem allgemeinen Verkehre, sondern ausschließlich den Bedürfnissen der Bahnverwaltungen, und es giebt solche, die nach mehr oder weniger übereinstimmenden Mustern allgemein eingeführt und in großer Anzahl verbreitet sind, während andere nur vereinzelt vorkommen. Unter letztere sind namentlich die verschiedenartigen Meßwagen zu zählen, wie sie zur Prüfung der Gleislage und zur Messung der Zugwiderstände dienen, dann die Gerüstwagen, welche zur Untersuchung und Feststellung etwaiger Bewegungen von Tunnelgewölben und dgl. gebraucht werden, auf deren nähere Besprechung wir hier aber nicht eingehen.

Für die Zugkraftmesser ist die durch Vuillemin, Guébhard und Dieudonné[38] angewandte Einrichtung mustergiltig geworden[39].

Im Anschlusse an die Bau- und Betriebswagen erscheint es angemessen, auch die Schneepflüge und Schneeschaufelmaschinen kurz zu betrachten, so daß hier

a) Inspektionswagen;
b) Draisinen;
c) Erd- und Kieswagen;
d) Bahnwagen;
e) Schneeräumer

in's Auge zu fassen wären.

---

36) v. Littrow, a. a. O. S. 77.
37) v. Littrow, a. a. O. S. 75.
38) Siehe deren Werk: De la résistance des trains et de la puissance des machines.
39) Vgl. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1892, Beilage: Verhalten freier Lenkachsen.

[illegible] zur zeitweiligen Bereisung der Bahnlinien [illegible] Arbeitsgemach mit Tischen zum Auflegen [illegible] für Diener, einen Waschraum und Abort. [illegible] räumigem Söller versehen, von wo man einen [illegible] Der Inspektionswagen wird aus Ende des [illegible] mäßigen Bau bei bequemer, hübscher Aus- [illegible] chischen Nordwestbahn (Nr. 1 der Zusammen- [illegible]

[illegible] Eisenbahn.

In Amerika, wo alljährlich im Herbste die Eisenbahnen durch den Generaldirektor und die Spitzen des Bahnerhaltungsdienstes besichtigt zu werden pflegen, bedient man sich hiezu entweder eines eigenen, leichten Dampfwagens mit Sitzen über dem Kessel und an den Seiten, [illegible] Wagens, worin Sitzreihen staffelförmig ange- [illegible] Aussicht gewähren.

[illegible] re Fuhrwerke zum Gebrauche der Ingenieure [illegible] namentlich im Flachlande. Sie müssen leicht [illegible], um ohne besondere Geräte durch höchstens [illegible] Mann jederzeit rasch aus dem Gleise entfernt [illegible] wieder auf dasselbe gebracht werden zu können, was man „Aus- bezw. Einwerfen“ nennt. [illegible] auf österreichischen Bahnen bewährte und verbreitete Bauart[40]) zeigt Abb. 34 (Nr. 12 der Zusammenstellung). Die Fortbewegung erfolgt durch Hebel, welche mittels Schubstangen auf Kurbeln [illegible] den Radachsen wirken. Auf Gefällen von etwa [illegible] selbst. In wagrechten Strecken und Steigungen [illegible] keiten von 30—20 km in der Stunde fahren. [illegible] ungen über 5‰ wird die Fortbewegung mit [illegible] Hebel schon sehr anstrengend und die Fahrt [illegible]

… nstalten fast ausschließlich mit dem Bau … Car Company, Three Rivers, Mich. Die … aben gedrungenen Bau, geringes Gewicht … inen oder zwei Mann, wiegen 64 kg und

… Stahlblech gepreßt, Abb. 36 A, oder es … en angewendet.





Abb. 36 A.

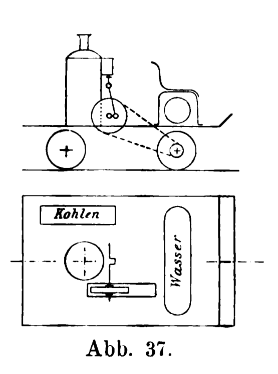
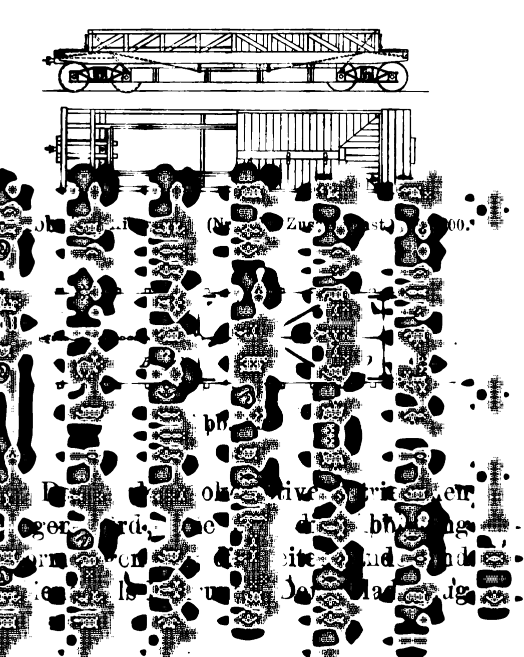


Abb. 37.

… isine" hatte in Chicago 1893 J. Doyle, …) Ihr Gewicht beträgt samt Kohlen nur … henden Röhrenkessel befestigt. Die Be- … maschine auf die Treibachse durch einen … ist der Wasservorratbehälter, neben dem … s Auswerfen dieses Fahrzeuges auf offener … ht sogar mißlich sein.

… ne Last- oder Plattformwagen und besitzen … erung des Abladens lassen sich entweder …



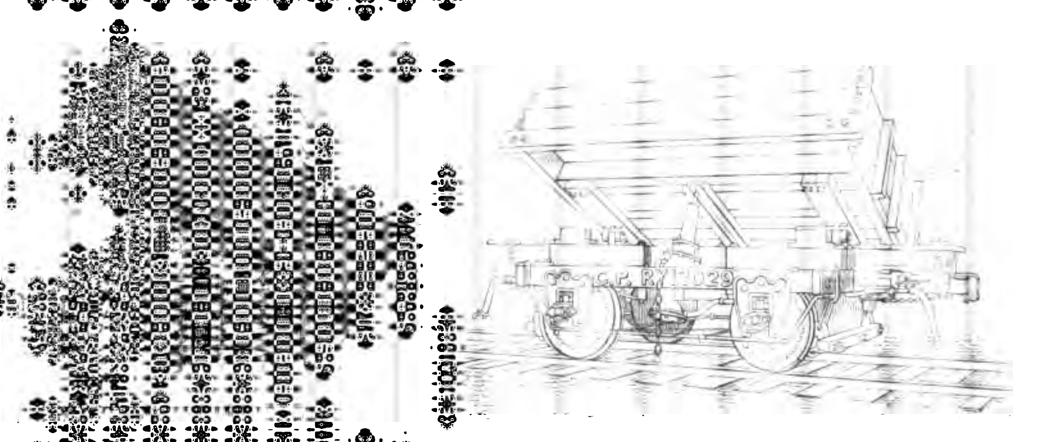
III. Grundformen von Wagen

Laufende Nummer	Wagengattung und Eigentumsverwaltung	Gewicht leer t	Gewicht Ladung (Sitzplätze) t	Gewicht auf 1 t Ladung kg (auf einen Sitzplatz)	Achsen Steif-	Achsen Lenk-	Achsen in Drehgestell	Achsen mit Querverschiebung
	a) Inspektionswagen.							
1.	Österr. Nordwestbahn	5,3	(12)	—	2	—	—	—
2.	Pennsylvania Rd.	?	?	?	—	—	2 × 2.	—
	b) Kieswagen.							
3.	Rodger Ballast Car Comp.	11,5	27,2	424	—	—	2 × 2	—
4.	Thacher Car & Constr. Comp.	?	15,0	?	2	—	—	—
5.	Österr. Nordwestbahn	5,2	10,0	520	2	—	—	—
6.	„ St.-B.	8,3	15,0	553	2	—	—	—
7.	Ungar. „	6,5	15,0	433	2	—	—	—
8.	Kgl. preuß. St.-B.	6,4	12,5	515	2	—	—	—
9.	Hess. Ludw.-B.	7,0	15,0	466	2	—	—	—
10.	Württemb. St.-B.	8,0	15,0	533	2	—	—	—
11.	Prinz Heinrichs-B.	6,3	15,0	420	2	—	—	—
	c) Draisinen.							
12.	Österr. Bahnen	0,5	(10)	—	2	—	—	—
13.	Dreiräderige Draisine	0,08	(3)	—	$1^1/_2$	—	—	—
14.	Vierräderige „	0,22	(4)	—	2	—	—	—
	d) Bahnwagen.							
15.	Österreichische	0,65	4,0	—	2	—	—	—
16.	Amerikanische leichte	0,214	1,8	—	2	—	—	—
17.	„ schwere	0,64	9,0	—	2	—	—	—
	e) Schneepflüge.							
18.	K. k. österr. St.-B.	4,00	2,5	—	2	—	—	—
19.	K. k. priv. österr. St.-E.-G.	8,00	7,0	—	2	—	—	—
20.	K. preuß. E.-D. Breslau	—	13,0	—	2	—	—	—

für Bau- und Betriebszwecke.

Achsstand steif m	Achsstand ganzer m	Kasten od. Boden Länge m	Kasten od. Boden Breite m	Kasten od. Boden Bodenfläche qm	Achsdruck bei voller Belastung kg	Kosten des Wagens ℳ.	Bemerkungen Bauanstalt	Abbildung	Quelle
2,9	2,9	5,4	2,4	13,0	3 250	5 600	Simmeringer A. G.		
1,5	8,9	10,2	2,5	25,5	?	—	Bahnwerkst. Altoona	33	L.
1,6	9,4	8,7	2,4	20,9	9 650	—	Wells French Co. Chicago	38	L.
2,8	2,8	3,6	2,7	9,8	?	—	Thacher Co. N. York (Luftdruck-Kippwagen)	40	—
2,9	2,9	5,2	2,4	12,5	7 600	4 200	Simmeringer A. G.		—
4,9	4,9	8,1	2,7	21,5	11 650	—	?		E.
4,0	4,0	7,1	2,6	18,2	10 750	—			E.
4,0	4,0	6,7	2,5	16,9	9 450	—			E.
3,8	3,8	7,2	2,4	17,2	11 000	—			E.
4,2	4,2	6,9	2,7	18,4	11 500	—			E.
3,0	3,0	6,0	2,5	14,8	10 650	—			E.
1,3	1,3	2,5	1,3	—	—	880	Simmeringer A. G. (6 Sitz- und 4 Stehplätze)	34	E.
—	—	—	—	—	—	180	Sheffield Car Co. Three Rivers, Mich.	35	—
1,3	1,3	—	—	—	—	240	„ „	36 37	—
1,2	1,2	2,2	1,9	4,2	—	300	Verschieden	42	E.
1,2	1,2	2,1	1,7	3,6	—	140	Sheffield Co.	43	—
1,2	1,2	2,3	1,9	4,4	—	320	„		—
2,1	2,1	—	—	—	—	3 500	Simmeringer A. G. nach P. Masin (Schneeräumer)		E.
2,8	2,8	—	—	—	—	5 600	Versch.	45	—
?	?	—	—	—	—	9 600	? nach Szarbinowski		E.

[illegible] ile *B*, der nur wenig räumt, mehr führt, dem [illegible] ərum als Führung dienenden Hinterteile *D*. [illegible] te Abladen ermöglichen, jedoch mehr zur Erd- [illegible] en, lassen sich nur bei verhältnismäßig kleinen [illegible] eeren und wieder aufrichten. Die sinnreiche [illegible] ausgestellt gewesenen Kipper der Thacher [illegible] 40 u. 41) ermöglicht es dagegen dem Loko- [illegible] Wagen von je etwa 8 cbm Inhalt auf einmal [illegible] Die gewöhnlichen Wagen dieser Art kippen [illegible] n auch solche, die nach zwei Seiten kippen. [illegible] itung versehen. Die Kippvorrichtung besteht [illegible] gten, mit der Druckluftleitung verbundenen [illegible] gekuppelten Kolben und einem, in die Haupt- [illegible] elcher den, zum Feststellen des aufgerichteten [illegible] ießt oder öffnet, je nach Bedarf. Die Haken,



[illegible]

Abb. 41. Luftdruckkippwagen (Nr. 4 der Zusammenst.).

[illegible] lten wird, lösen sich beim Kippen selbstthätig [illegible] ieder ein. Verfasser sah solche Kipper beim [illegible]

... den sollen. Abb. 42 stellt einen der in ... verer Gattung, Abb. 43 einen amerika- ... adstand beträgt 100—120 cm; die Platt-

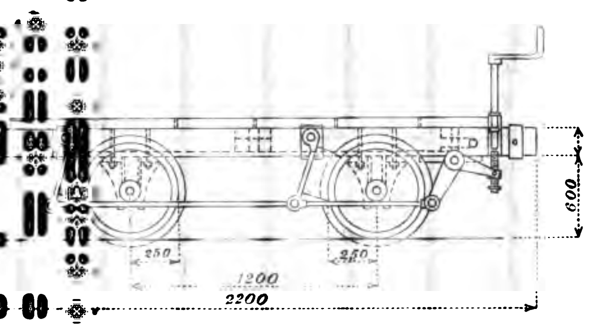


Abb. 42. (Nr. 15 der Zusammenst.).

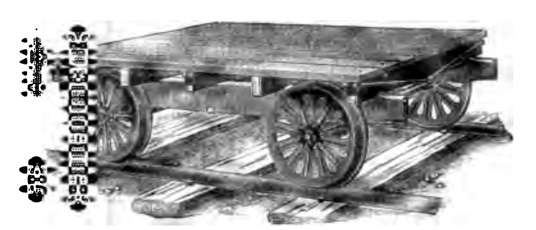
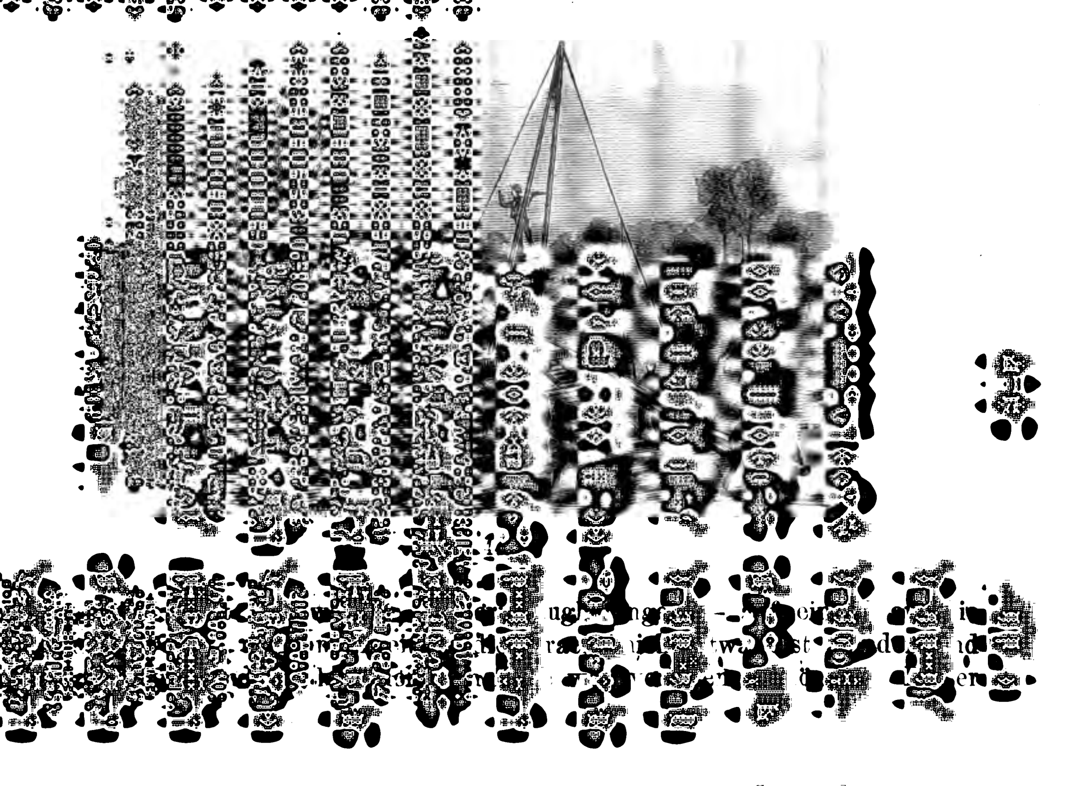


Abb. 43. (Nr. 16 der Zusammenst.).

... n Erwägung. Dann muß man aber Vor- ... oße Mengen von Schienen, Schwellen und



Vorgang wird in Amerika sehr oft nötig; er wird aber dadurch begünstigt, daß man dort die Stöße der beiden Schienenstränge eines Gleises überhaupt gerne gegen einander versetzt, und daß man überdies, wegen der üblichen engen Schwellenlage, einen einzelnen Stoß überall anbringen kann, wohin er gerade trifft, also nicht wie bei uns auf die regelmäßige Einschaltung kürzerer Schienen im inneren Strange der Bogengleise zu achten braucht, wodurch wir die Stöße beider Stränge in thunlichster Übereinstimmung erhalten[42]. Auf Bahnen mit zahlreichen, nach unserer Art zu verlegenden Bögen wäre also das zu beschreibende amerikanische Verfahren, wenn auch keineswegs an sich ausgeschlossen, so doch weniger vorteilhaft, als es in Amerika ist.

Eine der ersten und verbreitetsten Einrichtungen zu gedachtem Zwecke ist jene von Moore in Chicago. Auf dem durch eine Lokomotive geschobenen Zuge von Plattformwagen sind Schienen, Schwellen und Kleinzeug in zweckentsprechender Weise verladen (Abb. 44). Der vorderste Wagen trägt am Ende einen Krahn mit Ausleger. Zu beiden Seiten des Zuges laufen mit Walzen versehene Rinnen am Bord der Wagen hin und ragen, am Krahn aufgehangen, noch ein gutes Stück nach vorne hinaus. Längs der einen Seite des Zuges werden die Schwellen, längs der anderen die Schienen vorangeschoben und am Ende der Rinne durch Arbeiter in Empfang genommen, vorgelegt und geheftet. Während der Zug um neue Ladung zurückdampft, wird verlascht und genagelt. Hinter diesem ersten oder Oberbauzuge sollte aber womöglich ein Schotterzug folgen, um das frisch gelegte Gleis sofort wenigstens einigermaßen unterstopfen zu können, damit es nicht unter den wiederholten Fahrten verbogen wird. Auf der Ausstellung in Chicago befanden sich Modelle von noch zwei solchen Vorrichtungen. Jene von Holman in Chicago ist der Moore'schen ähnlich; F. F. Voigt in Chicago verwendet an Stelle der Rinnen zur Abfuhr der Ladung einen schmalen Wagen, welcher auf einem, am Rande der Plattformwagen angebrachten Gleise fortbewegt wird.

e) Schneeräumer[43] sind Vorrichtungen, die auf verschneiten Gleisen fortbewegt werden, um den Schnee zur Seite zu schieben oder zu werfen. Man unterscheidet Schneepflüge und Schneeschaufelmaschinen. Ihre Wirksamkeit ist von der Art des Schneefalles und der Beschaffenheit des Schnees, sowie auch von der Lage der Bahn abhängig.

Ein Schneepflug soll den Schnee weder allzusehr zusammenballen, noch aufwirbeln; im ersten Falle ist Steckenbleiben oder Entgleisen, im letzteren unvollkommene Arbeit zu gewärtigen. Er soll den Schnee auf die nötige Breite mäßig heben und dann möglichst weit zur Seite werfen. Wo häufige Schneefälle in kürzeren Strecken auftreten und zwischen den einzelnen Zügen Zeit bleibt, können hölzerne, auf den Schienen gleitende Pflüge, die von Zugtieren gezogen werden, Anwendung finden. Zur Beseitigung größerer Schneemassen dienen Pflüge, welche entweder an die Lokomotive vorne angeschraubt, oder, auf Rädern laufend, von der Lokomotive geschoben werden. Pflüge der letzteren Art von richtiger Gestalt (Abb. 45, Zusammenst. Nr. 19) wurden zuerst auf den Linien der k. k. priv. österr. Staatseisenbahngesellschaft angewandt[44]. Die Form ist bis heute im wesentlichen allenthalben

[42]) Siehe hierüber im V. Kapitel.

[43]) Eine ausführliche Arbeit von Schubert enthält die Encycl. d. Eisenbahnw., S. 2929.

[44]) Mitteilungen über die zur Londoner Ausstellung im Jahre 1862 gesendeten Gegenstände.

angenommen worden. Mittels dieses Pfluges kann eine Lokomotive trockene Schneewehen von 1,2 bis 1,5 m Höhe bei 30 bis 22 km stündlicher Fahrgeschwindigkeit durchbrechen. Der obere Teil des Pfluges soll möglichst hoch sein. Die ursprüngliche Höhe von 3,5 m erwies sich manchmal als zu gering. Wenn, anstatt der beiden Paare, in je einer Kante *JD* zusammentreffender windschiefen Seitenflächen, gewundene Seitenflächen in Anwendung kommen, so daß die Bewegungsrichtung der gehobenen Schneemassen nicht plötzlich, sondern stetig geändert wird, dann dürfte der Arbeitsaufwand geringer, oder bei gleichem Arbeitsaufwand die Leistung besser ausfallen. Eine solche Form besitzen die Schneepflüge der norwegischen Staatsbahnen.

Der Schneeräumer von P. Marin[45]) hat bewegliche Flügel, ist sowohl der Breite, als der Höhe nach verstellbar und gestattet, die Bahnkrone bis zu einer Breite von 5,5 m zu säubern. Er soll weniger den durch Schneetreiben und außergewöhnliche Schneefälle niedergegangenen Schnee, als diejenigen Mengen desselben beseitigen, welche nach dem Befahren der Strecke mit größeren Schneepflügen noch auf oder neben den Gleisen liegen bleiben. Er wird mittels steifer Kuppelung von einer Lokomotive gezogen, welche nötigen Falles noch einen gewöhnlichen Schneepflug vor sich herschieben kann. Szarbinowski's Schneepflug besitzt an der Schneide *HJ* (Abb. 45) eine Art Steuer und am vorderen Ende *AB* beiderseits noch einen lotrechten Flügel, welche sich in Bögen nach der Krümmung einstellen lassen und dem Pfluge die Bahnung seines Weges erleichtern.

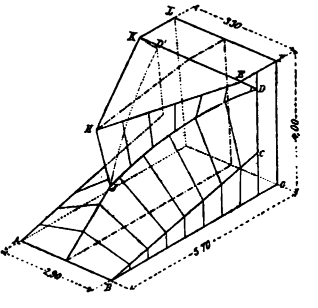


Abb. 45.
(Nr. 19 der Zusammenst.).

Die Verwaltung der k. k. österreichischen Staatsbahnen hat seit 1880 die auf eigenen Rädern laufenden Pflüge aufgegeben[46]) und alle Lokomotiven, die Tenderlokomotiven vorn und hinten, so eingerichtet, daß durch Einziehung von acht Schrauben ein Schneepflug daran befestigt werden kann, was nur eine halbe Stunde Zeit erfordert. Da die Anschaffungskosten gering sind, so kann eine große Anzahl solcher Pflüge bereit gehalten und nötigen Falles jede Lokomotive damit ausgerüstet werden. Hiedurch wird die Freihaltung der Strecke sicherer gewährleistet, als durch vereinzelte Fahrten mit besonderen, schweren Pflügen.

Auf den Linien der kgl. preuß. Eisenbahndirektion Erfurt[47]) sind gleichfalls an den Lokomotiven befestigte, jedoch einseitig wirkende Schneepflüge als vorteilhaft befunden worden, deren Schneide so weit nach links verlegt ist, daß möglichst viel Schnee auf die rechte Seite hinüber geworfen und nicht das andere Gleis verschüttet wird.

Auf amerikanischen Bahnen, wo übrigens für Schutzmaßregeln gegen Schneeverwehungen weniger aufgewendet wird, als in Europa, haben in besonders schneereichen Gegenden die zu Anfang der 1880er Jahre durch den Ingenieur Jull in Brooklyn, N. Y., erfundenen und nachher durch ihn und durch Leslie Bros., Paterson, N. Y., verbesserten Schneeschaufelmaschinen gute Dienste geleistet[48]).

45) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1889, S. 181.

46) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., X. Erg. Bd., S. 64.

47) Ebenda S. 65.

48) Siehe Frank, Schneeschutzvorrichtungen, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1888, S. 470; ferner Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1885, S. 109; 1886, S. 190; 1887, S. 258.

Ein aufrechter, viereckiger Kasten oder Rahmen von der Breite des auszuschaufelnden lichten Raumes reicht bis nahezu auf die Schienen hinab und schneidet in den vorgelagerten Schneekörper ein. An der Rückwand des Rahmens dreht sich um eine wagrechte Welle das durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzte Schleuderrad, dessen kegelförmige, mit ihrer Spitze auf der Radnabe festsitzende Zellen nach vorn aufgeschlitzt und so eingerichtet sind, daß der davor angestaute Schnee losgeschnitten wird, in das Innere der Zellen gelangt und aus denselben vermöge der Fliehkraft weit fortgeschleudert wird, und zwar nach der einen oder nach der anderen Seite der Bahn, je nachdem man das Rad sich drehen lässt und den über dessen Gehäuse angebrachten, kurzen und weiten, blechernen Förderschlauch einstellt. Die Schleudervorrichtung ist an der Stirnseite, die Dampfmaschine im Inneren eines bedeckten Wagens untergebracht, der entweder mittels eigenen Dampfes fährt, oder durch eine Lokomotive geschoben wird. Man hat mit einer solchen Maschine einen 250 m langen, 2,5 m tief verwehten Einschnitt binnen sieben Minuten auf 3 m Breite gesäubert. Ein anderer Einschnitt von 330 m Länge mit 2 bis 2,5 m tiefem Schnee wurde in 31 Minuten frei gemacht, wobei der Schnee im Bogen von über 20 m Scheitelhöhe gegen 100 m weit zur Seite flog. Durch Henschel & Sohn in Cassel ist für die kgl. preuß. Eisenbahndirektion Hannover eine Schneeschleuder mit einer Dampfmaschine von 450 P. S. Leistungsvermögen gebaut worden, welche rund 50000 *M*. kostete. 1889 baute auch die Görlitzer Akt.-Ges. eine solche, bei deren Dampfmaschine sich die Leistung bis auf 700 P. S. steigern läßt. Da man aber europäische Bahnen vor übermäßigen Schneeverwehungen durch entsprechende Anlagen zu schützen pflegt, so scheinen hier die Schneeschaufelmaschinen einen durchschlagenden Erfolg bis jetzt nicht gehabt zu haben.

§ 9. B. Lokomotiven. Zugkraft und Leistung. Brennstoff- und Wasserverbrauch [49]. — Die Kolbengeschwindigkeit darf nach den übereinstimmenden Vorschriften der T. V. und der „Normen“ eine gewisse Grenze nicht überschreiten.

T. V. § 108.

1 Der Durchmesser der Treibräder der Lokomotiven, bei neuem Zustande der Radreifen im Laufkreise gemessen, soll so groß sein, daß nachstehende Kolbengeschwindigkeiten und Umdrehungszahlen bei Anwendung der höchst zulässigen Geschwindigkeiten nicht überschritten werden:

	Kolbengeschw. in m/Minute	Umdrehungsz. der Treibachsen in d. Minute
Lokomotive mit ungekuppelten oder zwei gekuppelten Treibachsen	350	300
„ mit drei gek. „	300	250
„ „ vier „ „	220	180

2 Größere Kolbengeschwindigkeiten und Umdrehungszahlen können Anwendung finden bei Lokomotiven, durch deren besondere Bauart ein ruhiger Gang gesichert wird.

---

49) Nach Grove, Die Lokomotive im allgemeinen u. s. w., Handbuch für Spec. Eisenb.-Technik, 2. Aufl. 1882, 3. Band, Seite 166. Siehe auch v. Kaven, Einfache Formeln zur Ermittelung der Leistungen von Lokomotiven, Ztschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover 1887; v. Borries, Über die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven und deren Beziehung zur Gestaltung der Fahrpläne, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1887, S. 146; Schrey, Lokomotive, Encycl. d. Eisenbahnw., S. 2283.

Zur Erzielung großer Fahrgeschwindigheit muß man daher große Treibräder anwenden.

Nach Grove findet bei guten Ausführungen nachstehende Beziehung zwischen dem Treibraddurchmesser d in Meter und der Fahrgeschwindigkeit v in m/Sek. statt:

$$d = 0{,}95 + 0{,}04\, v \qquad \text{(a)}$$

Die mit Rücksicht auf obige Bestimmungen zulässige größte Fahrgeschwindigkeit in der Sekunde aber wäre, wenn τ die, der Zusammenstellung S. 112 zu entnehmende Umdrehungszahl der Treibachsen in der Minute bezeichnet:

$$\max v = \frac{\tau d \pi}{60} \qquad \text{(b)}$$

Bezeichnet Z die am Umfange der Treibräder ausgeübte Zugkraft der Lokomotive; M ihr Gesamtgewicht; αM jenen Teil desselben, welcher auf den Treibrädern ruht, oder das sog. „Reibungsgewicht"; μ die Reibungsziffer für das Gleiten zwischen Rad und Schiene, so ist die durch die Dampfmaschine hervorzubringende Zugkraft an die Bedingung geknüpft, daß Z nicht größer werde als die Reibung $\mu \alpha M$ der Treibräder auf den Schienen oder

$$\max Z \leqq \mu \alpha M \qquad (1)$$

Nach Versuchen von Capt. Douglas Galton und Geo. Westinghouse jr.[50]) nimmt μ mit der Geschwindigkeit der Bewegung ab, und hat für Stahlräder auf Stahlschienen etwas kleinere Werte als für Stahlräder auf Eisenschienen.

In der Ausübung sind folgende Annahmen für μ gebräuchlich[51]):

	Europa	Amerika
Größter Wert bei geringen Geschwindigkeiten und günstigen Umständen	$^1/_4$	$^1/_3$
Größter Wert für regelmäßige Fahrt	$^1/_5$ bis $^1/_6$	$^1/_4$
Gewöhnliche Annahme	$^1/_7$	$^1/_5$

Wenn einmal ein Gleiten der Treibräder eingetreten ist, dann fällt die Reibungsziffer rasch auf $^1/_{10}$ und darunter.

Am größten ist die Reibung, wenn die Schienen rein und trocken, am kleinsten, wenn sie naß, fettig oder mit Eis überzogen sind. Bei nassem Wetter, sowie in feuchten Tunnels, kann μ leicht auf etwa $^1/_{10}$ sinken. Durch Aufstreuen von Sand auf die Schienen, wenn sie schlüpfrig, oder durch Dampfstrahlen, wenn die Schienen mit Glatteis überzogen sind, läßt sich im allgemeinen verhüten, daß die Reibungsziffer unter $^1/_6$ bis $^1/_7$ herabgehe.

Der auf den Kolben übertragene Dampfdruck hat während der ersten Hälfte des Kolbenhubes zunächst die Massen von Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf und Schubstange zu beschleunigen, und nur der hiezu nicht erforderliche Teil der Kraft pflanzt sich auf den Kurbelzapfen fort. In der zweiten Hälfte des Kolbenlaufes müssen jene Massen wieder verzögert werden und sie verstärken sonach den Druck auf den Kurbelzapfen, bis sie am Ende des Kolbenlaufes wieder zur Ruhe gelangen. Bei Anwendung der Expansion ist der Dampfdruck erst größer, dann kleiner. Durch die Massenbeschleunigung wird die Druckwirkung auf den Kurbelzapfen gleichmäßiger. Bei starken Expansionen ist daher großer Beschleunigungsdruck wichtig. Sind die Massen gering, so muß große Kolbengeschwindigkeit vorhanden sein, und

50) Trans. Inst. M. E. 1878.

51) Vgl. Wellington, Economic Theory of the Location of Railways, 5. ed. 1893, S. 290, 437 u. 443.

es muß dann große Expansion und große Kolbengeschwindigkeit vereinigt vorkommen, wie es auch bei Personenzuglokomotiven der Fall ist.

Im Beharrungszustande ist der mittlere Wert der Zugkraft dem Widerstande des Zuges gleich; im Anlaufe aber muß der mittlere Wert der Zugkraft größer sein als der Zugwiderstand, weil nicht nur dieser zu überwinden, sondern auch die Masse des Zuges zu beschleunigen ist. Je größer der zu letzterem Zwecke verfügbare Überschuß an Zugkraft, desto rascher wird das Anfahren erfolgen und eine um so kürzere Strecke wird dazu nötig sein.

Die Abweichungen der Zugkraft von ihrem Mittelwerte während jeder Umdrehung der Treibachse werden durch die lebendige Kraft der Lokomotive ausgeglichen. Bei der bedeutenden Masse der letzteren entstehen durch Aufnahme und Abgabe des Unterschiedes zwischen der Arbeit der Zugkraft und jener des Widerstandes nur unmerkliche Geschwindigkeitsschwankungen.

Wenn bei richtiger Dampfspannung durch ausreichende Heizfläche und gehörige Feuerung dafür gesorgt wird, daß der im Cylinder verbrauchte Dampf stets wieder aufs neue erzeugt und im Kessel ersetzt, und so die Dampfspannung im Cylinder auf ihrer Höhe erhalten wird, so kann man jede beliebige Geschwindigkeit des Zuges herstellen. Bei unzureichender Heizfläche dagegen tritt der Fall ein, daß der mit zunehmender Geschwindigkeit sich steigernde Dampfabgang auch durch die stärkste Feuerung nicht ersetzt werden kann: die Dampfspannung sinkt, der Überschuss der Zugkraft über den Zugwiderstand hört auf und der Zug läuft mit der einmal erlangten Geschwindigkeit fort, bei welcher Dampferzeugung und Dampfverbrauch sich ausgleichen. Will man anderseits eine vom Zuge erlangte Geschwindigkeit beibehalten, obschon noch Überschuß an Zugkraft und somit weitere Beschleunigung möglich wäre, so hat man durch Verengerung der Regleröffnung, oder besser durch Vergrößerung der Expansion, dafür zu sorgen, daß der nützliche mittlere Dampfdruck im Cylinder auf jene Größe ermäßigt werde, welche die Zugkraft dem Zugwiderstande gleich macht. Außerdem muß man durch schwächere Feuerung die Dampferzeugung vermindern.

Die mittlere Arbeit der Zugkraft während einer Treibradumdrehung ist gleich der mittleren Arbeit der Kolbenkräfte bei einmaligem Hin- und Hergange.

Es bezeichne:

P den mittleren, für die Äußerung der Zugkraft in Betracht kommenden Dampfdruck auf einen Kolben während eines Hin- und Herganges;

p den Dampfdruck im Kessel in at oder kg/qcm;

p_i den mittleren nützlichen Dampfdruck im Cylinder, in at;

γ das Güteverhältnis, welches angiebt, der wievielte Teil von p_i, nach Abzug des Verlustes an Treibkraft durch die Reibung der Maschinenteile und dgl., der Zugkraft zu gute kommt;

c den Kolbendurchmesser in cm;

h „ Kolbenhub „ „ ;

h_1 „ Kolbenweg bis zum Eintritte der Expansion;

d „ Treibraddurchmesser in cm;

dann ist

$$Z d\pi = 2P \cdot 2h = 4Ph$$

$$Z = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{h}{d} \cdot P$$

oder, da $P = \frac{c^2 \pi}{4} \cdot \gamma \cdot p_i$

$$Z = \gamma \cdot p_i \cdot c^2 \cdot \frac{h}{d} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

d. h. zu großer Zugkraft gehören große Cylinder und kleine Treibräder.

Bedeutet D den stündlichen Dampf-, B den stündlichen Brennstoff-Verbrauch, beides in kg; N die Anzahl geleisteter Pferdestärken; H die Heizfläche in qm; dann kann man für angenäherte Berechnungen die in nachstehender Zusammenstellung enthaltenen Verhältniszahlen benutzen.

Maschinengattung	$\frac{h_1}{h}$	γ	p	p_i	γp_i	$\frac{D}{N}$	$\frac{D}{H}$	$\frac{N}{H}$	$D:B$		$B:N$	
									Cokes	Kohlen	Cokes	Kohlen
Schnellzug-Lokomotive . . .	0,25	0,74	8	3,66	2,71	11,3	43	3,8	5,7	5,0	2	2,3
			10	4,83	3,57	10,6		4,1			1,9	2,1
			12	6,00	4,44	10,1		4,3			1,8	2,0
			14	7,17	5,31	9,8		4,4			1,7	2,0
Personenzug-Lokomotive . .	0,30	0,76	8	4,10	3,12	11,76	39	3,3	5,9	5,3	2,0	2,2
			10	5,38	4,09	11,06		3,5			1,9	2,1
			12	6,66	5,06	10,61		3,7			1,8	2,0
			14	7,93	6,03	10,29		3,8			1,7	2,0
Güterzug-Lokomotive. . . .	0,40	0,77	8	4,66	3,59	13,64	34	2,5	6,4	5,8	2,1	2,4
			10	6,06	4,67	12,93		2,6			2,0	2,2
			12	7,46	5,74	12,49		2,7			2,0	2,2
			14	8,85	6,81	12,16		2,8			1,9	2,1
Gebirgs-Lokomotive	0,50	0,78	8	5,22	4,07	15,00	31	2,1	6,6	6	2,3	2,5
			10	6,74	5,26	14,31		2,2			2,2	2,4
			12	8,24	6,43	13,90		2,2			2,1	2,3
			14	9,72	7,58	13,62		2,3			2,1	2,3
	0,60	0,79	8	5,55	4,38	16,74	31	1,85	6,6	6	2,5	2,8
			10	7,14	5,64	16,08		1,9			2,4	2,7
			12	8,69	6,85	15,71		2,0			2,4	2,6
			14	10,18	8,04	15,46		2,0			2,3	2,6
	0,70	0,80	8	5,90	4,72	18,0	31	1,7	6,6	6	2,7	3,0
			10	7,54	6,03	17,4		1,8			2,6	2,9
			12	9,05	7,24	17,2		1,8			2,6	2,9
			14	10,41	8,33	17,2		1,8			2,6	2,9

Hier ist unter D der Verbrauch an wirklichem Dampf gemeint. Der hiezu erforderliche Verbrauch an Wasser kann 1,2 mal so groß angenommen werden.

Der stündliche Dampfverbrauch für eine Pferdestärke, $\frac{D}{N}$, nimmt für einerlei Füllung $\frac{h_1}{h}$ ab, wenn man die Dampfspannung steigert. Die Verminderung wird indessen um so geringer, je höher die Dampfspannung bereits war. Durch Übergang von 10 auf 12 at würde indessen keine nennenswerte Verbesserung mehr eintreten, ja, weil bei den höheren Dampfspannungen die Verluste durch Undichtigkeiten und Verdichtung des Dampfes in den Leitungsröhren, unter sonst gleichen Umständen sich vergrößern

und die Dichtungen immer schwieriger werden, so muß bald jede Spur einer Verbesserung verschwinden. Der stündliche Dampfverbrauch für eine Pferdestärke nimmt beträchtlich ab mit Verkleinerung der Füllung oder Vergrößerung der Expansion. Bei 0,25 Füllung ist nur etwas mehr als die Hälfte des Dampfes erforderlich, den 0,7 Füllung beansprucht, bei gleicher Wirkungsgröße. Hohe Expansion ist daher vorteilhaft.

Mit der Expansion wächst der Cylinderdurchmesser. Große Kolbengeschwindigkeit vermindert ihn. Weil durch den verfügbaren Raum die Cylinderabmessungen eng begrenzt sind, so muß man die Expansion um so kleiner machen, je kleiner die Kolbengeschwindigkeit. Güterzugmaschinen erfordern daher stärkere Füllungen als Personenzugmaschinen.

Die Anzahl N der geleisteten Pferdestärken findet sich wie folgt:

Es sei v_k die mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/Sek.,
v die Fahrgeschwindigkeit in m/Sek.,
K die Kolbenfläche in qcm;

dann ist zunächst

$$N = \frac{\gamma p_i \,.\, 2\, K \,.\, v_k}{75}$$

Da aber

$$K = \frac{c^2 \pi}{4} \text{ und } \frac{v_k}{v} = \frac{2\,h}{d\pi}, \text{ so kommt}$$

$$N = \frac{\gamma p_i \, c^2 \frac{h}{d} v}{75} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3)$$

oder auch, im Hinblick auf (2)

$$N = \frac{Z v}{75} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3\text{A})$$

Eine Lokomotive von gegebener Leistungsfähigkeit kann also um so größere Lasten befördern, je kleiner die Geschwindigkeit, wobei aber die, durch die Bedingung (1) gesetzte Grenze sich nicht überschreiten läßt.

Je ungünstiger die Neigungs- und Richtungsverhältnisse, desto kleiner wird, wie ohne weiteres einzusehen, die auf einmal beförderbare Last. Am vorteilhaftesten ist daher Lastzugverkehr in der Ebene, am unvorteilhaftesten Eilzugverkehr im Gebirge.

Da die Leistung einer Lokomotive unter gewissen Verhältnissen der Heizfläche des Kessels proportional gesetzt werden kann, so dürfen wir statt N schreiben

$$\left(\frac{N}{H}\right) H = \frac{Z v}{75} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (4)$$

Hienach läßt sich mit Hilfe der Tabellenwerte für H und $\frac{N}{H}$ für jede der in Zusammenstellung IV des § 10 S. 118 bis 121 aufgeführten Lokomotiven die Geschwindigkeit v in m/Sek. ausrechnen, bei welcher sie eine Zugkraft von Z kg auszuüben vermag, oder umgekehrt.

Die Zugkraft Z zur Bewegung des Zuges samt Tender und Lokomotive muß, wie im 4. Abschnitte gezeigt wird, den Neigungs- und Richtungsverhältnissen der Bahn gemäß bestimmt werden. Dabei kommt die Lokomotive nur als Wagen der Dampfmaschine in Rechnung, dessen Widerstand vom gewöhnlichen Wagenwiderstande nicht wesentlich abweicht. Der Widerstand der Dampfmaschine als solcher ist bereits durch γ berücksichtigt.

… rze Erläuterung heutiger Lokomotiv-
… kraft in der Zusammenstellung sind, zur
… itlich so berechnet, wie es im X. Erg.-
… nw. geschehen ist. Für die rechnungs-

$$\ldots \cdot p \cdot \frac{h}{d}$$

… pricht.

… en wurde der Durchmesser des kleinen
… en mit vier Cylindern ist die so erhaltene

… wichte ist durchweg mit der Reibungs-
… gsgewicht ist für den dienstfähigen Zu-
… ande im Kessel, und bei Tenderlokomotiven
… ngegeben. Für letztere Lokomotivgattung
… hte zu bestimmenden Zugkraftzahlen etwas

… g ist noch zu bemerken, daß die mit L*.
… v. Littrow's in der Zeitschrift des österr.
… n.

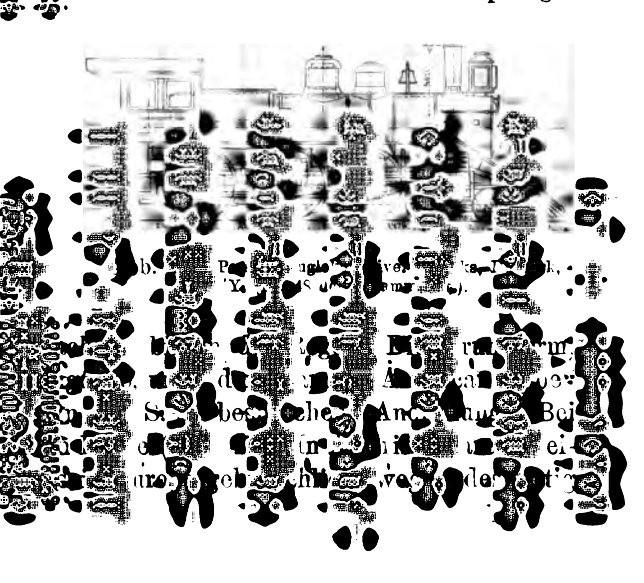
… ungemein große Rostflächen für Feuerung

… man derzeit in Deutschland ungefähr

… 800 bis 1000 *M.*
… 300 „ 400 *M.*

… Eilzuglokomotiven[52]).

… ahren, also großen Überschuß an Zugkraft
… nd der Fahrt ist bedeutende Verdampfungs-





IV. Grundformen

Laufende Nr.	Lokomotivgattung und Eigentumsverwaltung	Dampfcylinder Durchmesser und Zahl Hochdruck m	Niederdruck m	Hub m	Achsen Treib- u. Kuppel- Anzahl	Lauf- Anzahl	Räderdurchmesser Treib- und Kuppelräder m	Laufräder m	Achsstand fester m	ganzer m
	I. Europäische Eisenbahnen.									
	A. Personenzuglokomotiven.									
	a) Schnellzuglokomotiven.									
1.	Kgl. preuß. E. D. Hannover . . .	1×0,450	1×0,650	0,60	2	1×2	1,96	0,98	2,40	6,5
2.	„ württemb. St. E.	1×0,420	2×0,420	0,56	2	2×1	1,65	1,05	2,14	5,80
3.	„ preuß. E. D. Erfurt.	1×0,440	1×0,660	0,60	2	1×2	1,96	0,98	2,60	6,58
4.	Kaiser Ferdinands-Nordbahn . .	0,435	—	0,63	2	1×2	2,00	1,01	2,60	6,15
5.	Kgl. sächs. St.-E.	0,440	—	0,60	2	1×2	1,87	1,04	2,40	6,75
6.	Kgl. preuß. E.-D. (linksrh.) Köln .	0,430	—	0,60	2	1×2	1,96	0,98	2,40	6,55
7.	Holländische E.-G.	0,457	—	0,66	2	1×2	2,02	0,99	2,74	6,95
8.	Kgl. bayer. St.-E.	0,430	—	0,61	2	1×2	1,86	1,00	2,55	6,67
9.	Pfälzische E.	0,435	—	0,60	2	2×1	1,85	0,94	1,80	6,20
10.	Reichs-E. Elsaß-Lothringen . . .	1×0,430	1×0,640	0,58	2	1×2	1,85	0,98	2,38	6,54
11.	Österr. Südbahn-G.	0,425	—	0,60	2	1×2	1,73	0,96	2,40	6,23
12.	Main-Neckar-E.	0,500	—	0,60	2	2×1	2,10	1,25	4,07	5,97
13.	Französ. Nordbahn	2×0,340	2×0,530	0,64	2	1×2	2,13	1,02 .	3,00	7,33
14.	Französ. Staatsb.	0,450	—	0,65	2	2×1	2,02	1,32; 1,12	4,10	6,00
15.	London & Northwestern.	2×0,381	1×0,762	0,61	2	2×1	2,16	1,26	4,65	7,22
16.	Belgische St.-B.	0,500	—	0,60	2	2×1	2,10	1,20	2,16	6,56
17.	Paris-Lyon-Méditerranée.	2×0,340	2×0,540	0,62	2	1×2	2,00	1,00	2,70	6,90
18.	Belg. St.-B.	0,500	—	0,60	3	1	1,70	1,06	4,30	6,65
	b) Personenzuglokomotiven.									
19.	Kgl. preuß. E.-D. (linksrh.) Köln .	1×0,420	1×0,600	0,58	2	1×2	1,73	0,98	2,15	5.98
	c) Lokomotiven f. gemischten Dienst.									
20.	Großh. oldenb. St.-E.	0,365	—	0,56	2	—	1,54	—	2,68	2,68
21.	Paris-Orléans	0,450	—	0,65	3	—	1,54	—	4,55	4,55
22.	Französ. West-B.	0,430	—	0,60	3	—	1,54	—	4,45	4,45
23.	Kgl. preuß. E.-D. Hannover . . .	1×0,460	1×0,65	0,63	3	—	1,33	—	3,40	3,40
24.	—	0,475	—	0,60	3	1	1,35	0,80	3,60	4,70
	B. Güterzuglokomotiven.									
25.	Kgl. Württemb. St.-B.	1×0,480	2×0,480	0,61	5	—	1,23	—	2,61	6,00
26.	K. k. österr. St.-B.	0,500	—	0,57	4	—	1,13	—	2,55	3,90
27.	Kgl. preuß. E.-D. Erfurt	0,450	—	0,63	3	1	1,33	0,98	4,00	6,30
28.	Kaiser Ferd. Nordbahn	1×0,480	1×0,740	0,66	3	—	1,44	—	3,50	3,50
29.	Kgl. sächs. St.-E.	1×0,460	1×0,650	0,61	3	—	1,39	—	3,40	3,40
30.	„ „ „	1×0,480	1×0,700	0,61	3	—	1,39	—	3,40	3,40
31.	K. k. österr. St.-B.	0,450	—	0,63	3	—	1,26	—	3,16	3,16
32.	Kgl. sächs. St.-B.	2×0,300	2×0,460	0,53	2×2	—	1,10	—	1,75	6,75
33.	Belg. St.-B.	0,500	—	0,60	3	—	1,30	—	4,20	4,20
34.	Kgl. preuß. E.-D. Frankfurt a. M.	0,450	—	0,63	3	1	1,25	0,80	2,87	5,20
35.	—	0,500	—	0,61	4	—	1,20	—	3,90	3,90
36.	—	0,450	—	0,61	3	—	1,20	—	3,40	3,40
37.	—	0,415	—	0,61	3	—	1,20	—	3,16	3,16

von Lokomotiven.

Dampfüber-druck	Rostfläche	Heizfläche	Bei Tender-lokomotiven Vorräte an Wasser	Kohlen	Leergewicht	Dienstgew.	Reibungsgew.	Druck der Treib- u. Kuppelachsen bei voller Belastung	Zugkraft rechnungs-mäßig	aus dem Reibungs-Gewichte	Kosten mit Tender	Bauanstalt, Bemerkungen	Abbildung	Quelle
at	qm	qm	cbm	t	t	t	t	t	t	t	M.			
												1 × 2 bedeutet zweiachsiges Drehgestell, 2 × 1 „ zwei einzelne Achsen.		
12	2,0	113,4	—	—	39,9	45,0	27,8	13,9	4,45	4,20	49 500	Henschel & Sohn, Cassel		O.
12	2,0	148,1	—	—	47,7	54,2	27,6	13,8	4,31	4,14	59 650	Cockerill, Seraing		O.
12	2,3	125,0	—	—	44,5	49,1	28,1	14,0	4,28	4,32	56 000	Henschel & Sohn	48	O.
12	2,2	116,3	—	—	43,0	47,0	27,6	13,8	4,30	4,14	60 000	Wr. Neustadt; Floridsdorf u. a.		O.
10	2,3	123,5	—	—	—	49,4	28,0	14,0	3,73	4,20	46 200	Hartmann, Chemnitz		O.
14	2,0	104,2	—	—	45,5	51,5	30,0	15,0	4,75	4,60	56 000	A. G. Hohenzollern, Düsseldorf		O.
10	2,0	114,7	—	—	42,7	45,9	29,2	14,6	4,10	4,20	?	Sharp, Stewart & Co., Glasgow		O.
12	2,2	131,5	—	—	—	49,7	28,0	14,0	4,36	4,20	57 800	J. A. Maffei, München		O.
12	1,8	129,7	—	—	—	47,0	27,3	13,6	4,42	4,10	51 700	Krauß & Co. „		O.
12	2,0	113,6	—	—	42,9	47,4	27,8	13,9	4,20	4,18	61 200	Grafenstaden		O.
12	2,3	120,4	—	—	41,4	46,6	27,6	13,8	4,51	4,14	?	Floridsdorfer A. G.		O.
11	2,2	121,0	—	—	41,5	46,2	24,6	12,3	4,71	3,70	52 000	Cockerill, Seraing	49	O.
14	2,0	112,6	—	—	—	48,0	30,6	15,3	5,84	4,60	—	Soc. Alsacienne, Belfort		L.
13	2,0	121,0	—	—	—	42,4	26,2	13,1	5,09	3,93	—	Fives, Lille		L.
12,3	1,9	140,4	—	—	—	54,0	31,4	15,7	6,06	4,71	—	Bahnwerkst. Crewe	50	L.
10	5,0	127,0	—	—	45,5	49,2	26,4	13,2	4,29	3,96	—	La Metallurgique, Tubize		L*.
15	2,3	147,8	—	—	44,7	47,9	30,1	15,1	6,45	4,51	—	Bahnwerkst. Paris		L*.
10	5,8	147,5	—	—	44,8	53,1	40,9	13,6	5,30	6,14	—	Soc. Franco-Belge		L*.
12	1,87	103,2	—	—	—	42,6	27,4	13,7	4,26	4,10	46 500	Henschel & Sohn		O.
12	1,0	93,0	—	—	22,3	25,5	25,5	12,8	3,48	3,82	34 800	Hohenzollern, Düsseldorf		O.
13	1,8	125,5	3,7	1,2	—	47,2	47,2	15,7	6,67	7,08	—	S. A. Franco-Belge	52	L.
10	1,3	99,5	4,0	1,5	—	41,5	41,5	13,8	4,32	6,22	—	„ „		L.
12	1,5	118,8	—	—	—	38,3	38,3	12,8	7,22	5,75	—	Schichau, Elbing		L.
10	1,8	130,0	—	—	43,0	47,0	37,5	12,5	6,02	5,62	—	Soc. de Couillet		L*.
12	2,2	197,6	—	—	62,2	68,5	68,5	13,7	8,22	10,33	77 750	(ohne Tender) M. F. Eßlingen	56	O.
11	2,3	165,0	—	—	48,5	55,0	55,0	13,7	8,33	8,25	?	Floridsdorf u. a.	54	O.
10	2,3	138,0	—	—	41,5	48,0	39,0	13,0	5,76	5,85	47 050	Vulkan, Stettin		O.
12	2,2	119,5	—	—	38,0	42,0	42,0	14,0	7,60	6,30	60 000	A. G. Wr. Neustadt		O.
12	1,4	115,0	—	—	37,0	42,0	42,0	14,0	6,68	6,30	?	Sächs. M. F. Chemnitz		O.
12	1,4	115,0	—	—	37,0	42,0	42,0	14,0	7,28	6,30	?	„ u. Wr. Neustadt		O.
11	1,8	119,7	—	—	36,5	41,5	41,5	13,8	6,68	6,23	?	Floridsdorf u. „ „	51	O.
12	1,4	86,4	4,5	2,1	40,5	51,1	51,1	12,8	6,24	7,69	48 200	Sächs. M. F.	58	O.
10	5,2	120,7	—	—	40,5	45,0	45,0	15,0	6,92	6,75	—	Haine, St. Pierre		L*.
12	1,7	135,3	5,0	2,0	40,9	52,8	40,4	13,5	7,35	6,06	46 460	M. F. Eßlingen		O.
12	2,1	153,0	6,7	4,0	—	56,0	56,0	14,0	9,15	8,40	—	Krauß & Co., München		—
12	1,7	125,0	6,5	3,0	—	42,0	42,0	14,0	7,41	6,30	48 000	„ „		—
12	1,6	104,0	5,8	2,9	—	38,0	38,0	12,7	6,30	5,70	39 000	„ „		—

Laufende Nr.	Lokomotivgattung und Eigentumsverwaltung	Dampfcylinder Durchmesser und Zahl		Dampfcylinder	Achsen		Räderdurchmesser		Achsstand	
		Hochdruck	Niederdruck	Hub	Treib- u. Kuppel-	Lauf-	Treib- und Kuppelräder	Laufräder	fester	ganzer
		m	m	m	Anzahl		m	m	m	m
	C. Nebenbahn- oder Verschiebe-Lokomotiven.									
38.	Kaiser Ferd.-Nordbahn	0,370	—	0,46	3	1 × 2	1,00	0,80	2,70	6,50
39.	Kgl. preuß. E.-D. Altona	0,350	—	0,55	3	—	1,08	—	3,00	3,00
40.	Groß. Oldenb. E.	0,220	—	0,44	1	1	1,20	0,97	3,70	3,70
41.	Belg. St.-B.	0,350	—	0,50	3	—	1,20	—	4,00	4,00
42.	—	0,380	—	0,54	3	—	0,97	—	2,75	2,75
43.	—				2	—				
44.	—	0,360	—	0,54	3	—	0,91	—	2,45	2,45
45.	—				2	—				
	II. Amerikanische Eisenbahnen.									
	A. Personenzuglokomotiven.									
	a) Schnellzuglokomotiven.									
46.	Central of N. Jersey	2 × 0,331	2 × 0,559	0,61	2	1 × 2	1,98	0,92	2,29	6,80
47.	Cincinnati-Hamilton-Dayton	0,457	—	0,66	2	1 × 2	1,86	0,84	2,44	7,27
48.	Great Northern	0,482	—	0,66	3	1 × 2	1,83	0,84	2,36	7,68
49.	Baltimore & Ohio	2 × 0,344	2 × 0,585	0,61	2	1 × 2	1,98	0,92	2,29	6,81
50.	„ „	0,483	—	0,61	2	1 × 2	1,83	0,92	2,29	6,81
51.	Grundform d. Bauanstalt	2 × 0,330	2 × 0,559	0,66	2	2 × 1	2,14	1,39	4,36	7,50
52.	Philadelphia-Reading	2 × 0,330	2 × 0,559	0,61	2	2 × 1	1,98	1,32	4,22	7,12
53.	Grundform d. Bauanstalt	2 × 0,356	2 × 0,610	0,61	3	1 × 2	1,83	0,84	4,68	8,24
	b) Personenzuglokomotiven.									
54.	Lake shore & M. S.	0,432	—	0,61	3	1 × 2	1,73	0,84	2,59	7,67
55.	Chicago North Western	0,482	—	0,61	3	1 × 2	1,70	0,84	2,75	7,70
56.	Chicago & Northern Pacific	0,457	—	0,61	3	3 + 1	1,60	0,76	4,57	10,90
57.	Chicago & Eastern Illinois	0,457	—	0,61	2	1 × 2	1,73	0,84	2,67	6,96
	c) Lokomotiven f. gemischten Dienst.									
58.	Baltimore & Ohio	0,508	—	0,61	3	1 × 2	1,42	0,66	3,81	7,09
59.	Lake shore	1 × 0,457	1 × 0,724	0,61	3	1 × 2	1,42	0,71	2,44	7,05
60.	Grundform d. Bauanstalt	0,482	—	0,61	3	1	1,42	0,76	4,70	7,17
	B. Güterzuglokomotiven.									
61.	Duluth & Iron Range	0,559	—	0,66	4	1 × 2	1,37	0,71	4,73	7,73
62.	Great Northern	0,508	—	0,66	4	1 × 2	1,40	0,76	2,95	7,70
63.	„ „	2 × 0,330	2 × 0,559	0,66	4	1	1,40	0,76	4,73	7,01
64.	Mohawk Malone	1 × 0,559	1 × 0,813	0,66	4	1	1,30	0,76	4,27	6,58
65.	N. York-Lake Erie & West	2 × 0,407	2 × 0,686	0,71	5	1	1,27	0,76	5,74	8,31
66.	Grundform d. Bauanst.	0,457	—	0,61	3	—	1,30	—	3,36	3,36
	C. Leichte Lokomotiven.									
67.	für Nebenbahnen	0,356	—	0,51	3	1	1,12	0,66	3,71	5,54
68.	für Waldbahnen	0,356	—	0,61	2	2 × 1	1,12	0,66; 0,61	2,14	6,74

Dampfüberdruck	Rostfläche	Heizfläche	Bei Tenderlokomotiven Vorräte an Wasser	Kohlen	Leergewicht	Dienstgew.	Reibungsgew.	Druck der Treib u. Kuppelachsen bei voller Belastung	Zugkraft rechnungsmäßig	Zugkraft aus dem Reibungsgewichte	Kosten mit Tender	Bauanstalt, Bemerkungen	Abbildung	Quelle
at	qm	qm	cbm	t	t	t	t	t	t	t	M.			
12	1,3	63,3	5,5	1,5	29,0	38,0	23,6	7,9	4,53	3,54	37 230	Wr. Neustadt		O.
12	1,3	61,1	4,0	1,3	—	29,8	29,8	9,9	4,50	4,47	—	Henschel & Sohn, Cassel	59	L.
12	0,5	30,4	2,3	0,85	12,0	16,3	9,2	9,2	1,28	1,38	16 400	A. G. Hohenzollern		O.
11	2,1	53,0	4,0	1,0	24,0	30,7	30,7	10,2	3,37	4,60	—	La Meuse, Zimmermann, Haurez & Co.		L*.
12	1,3	85,9	3,7	1,6	—	28,6	28,6	9,5	5,79	4,29	—	Krauss & Co., München		—
			4,0	1,6	—	26,0	26,0	13,0	5,79	3,90				
12	1,2	75,0	3,3	1,5	—	25,5	25,5	8,5	5,54	3,82		" "		—
			3,6	1,5	—	24,0	24,0	12,0		3,60				
12,7	3,6	158,5	—	—	—	54,8	38,0	19,0	5,14	5,70		Baldwin, Philadelphia	46	L.
12,7	2,1	142,4	—	—	—	50,8	33,6	16,8	5,65	5,04		Brooks, Dunkirk N. Y.		L.
12,7	2,3	168,0	—	—	—	62,6	50,4	16,8	6,38	7,56		" "	47	L.
12,7	2,3	158,2	—	—	—	55,8	35,6	17,8	5,55	5,34		Baldwin		L.
11,5	2,7	147,5	—	—	—	51,2	34,2	17,1	5,37	5,13		"		L.
12,7	2,3	138,3	—	—	—	57,6	37,7	18,9	5,12	5,66		"		L.
12,7	7,1	134,5	—	—	—	66,3	37,7	18,9	5,12	5,66		"		L.
12,7	1,8	170,5	—	—	—	59,8	42,6	14,2	6,44	6,39		"		L.
12,7	2,6	149,6	—	—	—	51,6	40,2	13,4	5,02	6,03		Brooks		L.
12,0	1,7	168,7	—	—	—	58,0	43,5	14,5	6,00	6,52		Schenektady		L.
12,7	2,1	151,3	9,8	6,0	—	75,4	46,2	15,4	6,07	6,93		Brooks		L.
11,2	1,6	143,5	—	—	—	45,9	29,3	14,7	4,95	4,40		Baldwin		L.
11,2	2,6	187,6	—	—	—	57,7	45,9	15,3	7,45	6,88		Baldwin	53	L.
12,7	2,2	122,4	—	—	—	46,4	34,8	11,6	6,84	5,22		Brooks		L.
11,2	1,6	150,2	—	—	—	49,4	41,4	13,8	6,70	6,21		Baldwin		L.
12,7	3,2	224,6	—	—	—	76,8	63,2	15,8	11,50	9,48		Schenektady		L.
12,7	2,3	208,3	—	—	—	70,8	61,6	15,4	9,26	9,24		Brooks		L.
12,7	2,3	149,1	—	—	—	66,5	58,8	14,7	7,84	8,82		"	56	L.
12,7	3,0	190,2	—	—	—	67,6	59,9	15,0	12,08	8,98		Schenektady		L.
12,7	8,3	228,3	—	—	—	88,4	78,0	15,6	14,10	11,70		Baldwin	57	L.
10,6	2,1	119,4	—	—	—	45,0	45,0	15,0	6,23	6,75		Schenektady		L.
9,9	1,3	50,6	—	—	—	23,1	19,5	6,5	3,42	2,93		Porter, Pittsburgh	60	L.
9,2	1,1	67,4	3,8	1,1	—	32,7	21,2	10,6	3,81	3,18		Baldwin	61	L

anwachsenden Gewichtes der Personenzüge sowohl, als auch zur Schonung des Oberbaues.

Die höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit beträgt auf Vereinsbahnen z. Z. für Personenzüge etwa 75 km/St., für Eilzüge 90 km/St. Die den nachstehenden kurzen Erläuterungen vorangesetzten Zahlen entsprechen denen der ersten Spalte der Zusammenstellung.

Die Lokomotive (1) ist für den Schnellzugdienst auf Flachlandstrecken bestimmt und daher auf höchste Geschwindigkeiten eingerichtet.

Von (2) wird verlangt, einen Zug von 150 t Gewicht über Steigungen von 10 ‰, auch bei beträchtlicher Länge derselben, mit einer unveränderten Geschwindigkeit von 60 km/St. hinauf zu befördern.

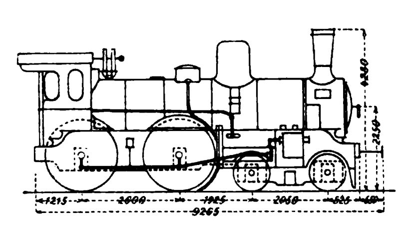


Abb. 48. Eilzuglokomotive. Henschel & Sohn, Cassel. (Nr. 3 der Zusammenst.).

Die Eilzuglokomotive (3) (Abb. 48) ist so bemessen, daß sie Züge von 210 t

auf wagrechter Strecke mit 70 km/St.
„ Steigung 5 ‰ „ 50 „
„ „ 10 ‰ „ 35 „

sicher befördern kann. Sie geht ruhig, auch bei schneller Fahrt, und stellt sich leicht und sicher in Krümmungen ein. Die Ergebnisse von Versuchen über die Leistungsfähigkeit dieser Maschine sind im X. Erg.-Bd d. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. S. 15 mitgeteilt.

(4) befördert Eilzüge von 35 Achsen mit einer Geschwindigkeit von 80 km/St.

Die größte zugelassene Geschwindigkeit der Lokomotiven (5) beträgt 90 km/St., doch haben Probefahrten ergeben, daß sie auch bei 120 km/St. noch sicher laufen.

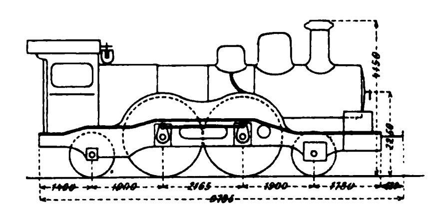


Abb. 49. Eilzuglokomotive. Cockerill, Seraing. (Nr. 12 der Zusammenst.).

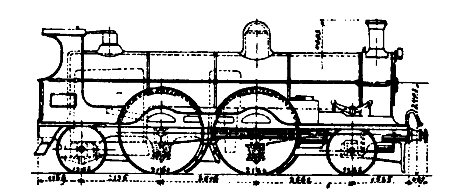


Abb. 50. Eilzuglokomotive. London & North Western Ry. (Nr. 15 der Zusammenst.).

Als regelmäßige Betriebsleistung ist ein, ohne Lokomotive und Tender 180 t schwerer Zug auf Steigungen von 10 ‰ mit 45 km Geschwindigkeit in der Stunde zu befördern.

Von (10) wird verlangt: Auf wagrechter Bahn für Eilzüge von 108 t Rohgewicht 90 km/St. oder für Personenzüge von 180 t 75 km/St., ferner auf Steigungen von 5 ‰ mit 108 t eine Fahrgeschwindigkeit von 70 km/St., oder mit 180 t eine solche von 50 km/St.

Die in der Gesamtanordnung den Lokomotiven der belgischen Staatsbahn von Cockerill in Seraing nachgebildete Maschine (12) (Abb. 49) hat die Aufgabe, Eilzüge von 180 t Wagengewicht mit einer Geschwindigkeit von 90 km/St. zu ziehen.

Die Personenzuglokomotive (19) hat in Steigungen bis 10 ‰ und in Krümmungen bis 300 m Halbmesser Züge von 20 Achsen mit 60 km/St. zu befördern.

und gemischten Dienst[53]).

Züge erfordert große Zugkraft beim An-
ich geringer Geschwindigkeit. Die nach
zulässige Geschwindigkeit der Güterzüge
lmäßigen Betriebe sehr selten erreicht.
dernden Achsen ist nach der Betriebs-

der in einem Zuge laufenden Achsen soll
, keinesfalls aber 200 überschreiten.

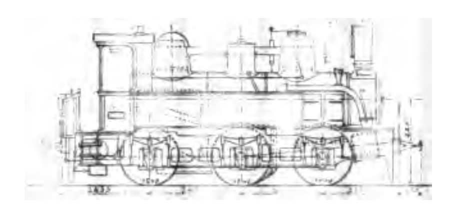


Abb. 52. Lokomotive für gemischten Dienst.
S. A. Franco Belge. (Nr. 21 der Zusammenst.).

Cylinder-Abmessungen, niedrige Treib-
otivgewichtes für die Äußerung der Zug-
ent-
hen
her
icht
delt.
ter-
ng,
auf
mt.

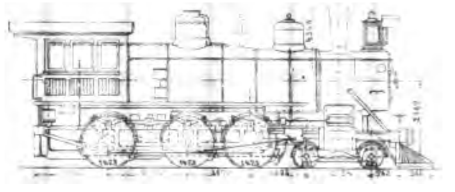
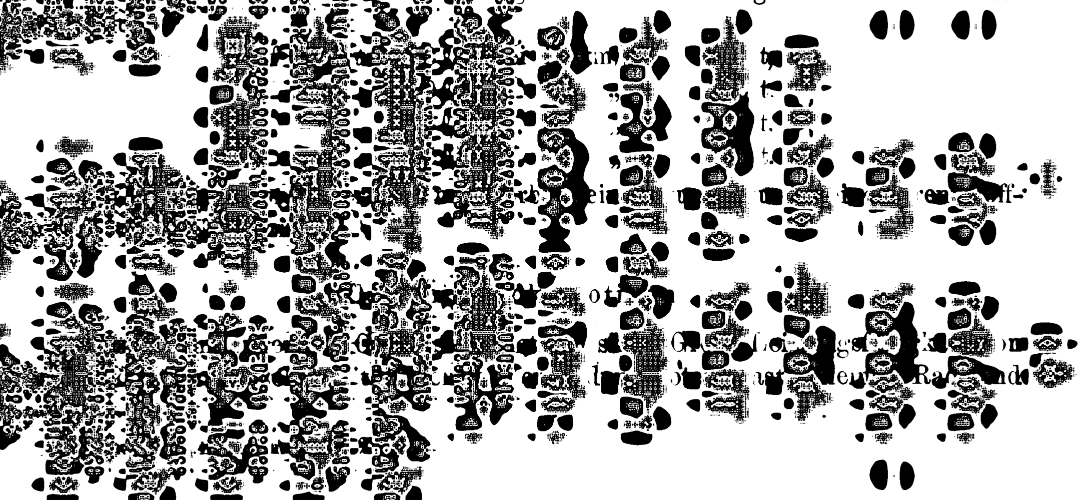


Abb. 53. Lokomotive für gemischten Dienst.
Baldwin, Philadelphia. (Nr. 58 der Zusammenst.).

(33 ‰) Personenzüge von 100 t Gewicht
it von 20 km/St. zu befördern.
geber eine Leistung an Nutzlast hinter



…rfen Krümmungen. Sämtliche Achsen werden …zahl ist die Trennung derselben in zwei be-… …uerdings hat Klose statt letzterer radial lenk-…

…welchem Muster sich in Österreich mehrere … Aufgabe

…Steigungen von 10 ‰ mit 15 km/St.

„ „ 25 ‰ „ 10 bis 12 km/St.

… zu befördern. Sie versieht den Güterdienst … Österreichs.

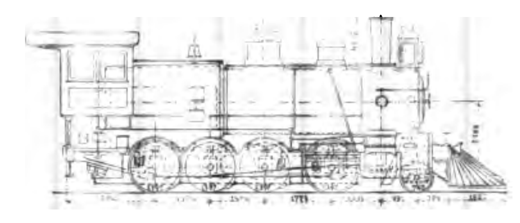


Abb. 55. Güterzuglokomotive. Brooks, Dunkirk, N. Y. (Nr. 63 der Zusammenst.).

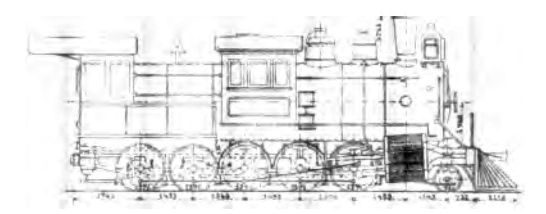
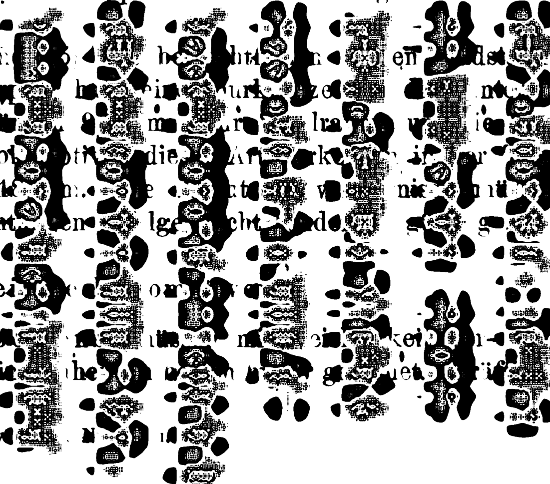


Abb. 57. Gebirgslokomotive. Baldwin, Philadelphia. Bauart Vauclain. (Nr. 65 der Zusammenst.).

…Güterzuglokomotive (25) liegt im regelmäßigen …chwerer Wagenzüge auf andauernder Steigung …selbe Leistungsfähigkeit, wie zwei dreiachsige …rwaltung. Die drei mittleren Achsen sind fest …erste Kuppelachse sind für Bögen von 150 m

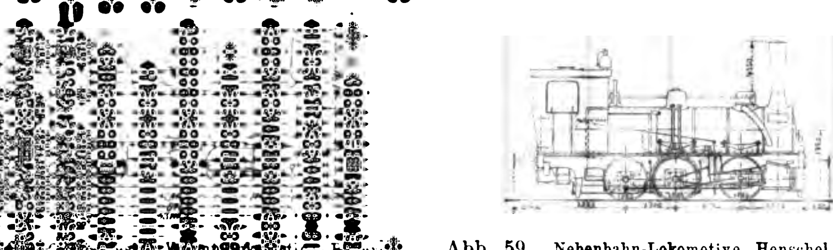


...Radstand oder bewegliche Achsen wegen ...hrerstand und Handlichkeit der oftmals ...fordernisse. Der Bahnhofsdienst gestattet ...n.

...S. 85 bereits die Rede gewesen.

...omotive mit zwei Drehgestellen, Bauart ...nen bei anhaltender Steigung von 25 ‰ ... Nutzgewicht von 155 t mit 15 km/St. ...Cylinderfüllung, auch unter ungünstigen ... Die höchste zulässige Fahrgeschwindig-...

...te Tendermaschine mit hinterem, zwei-...mmt, Züge aller Gattungen, und zwar



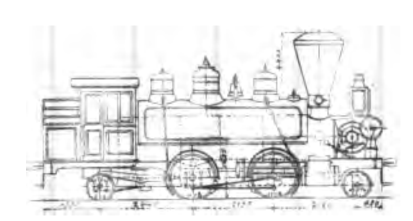
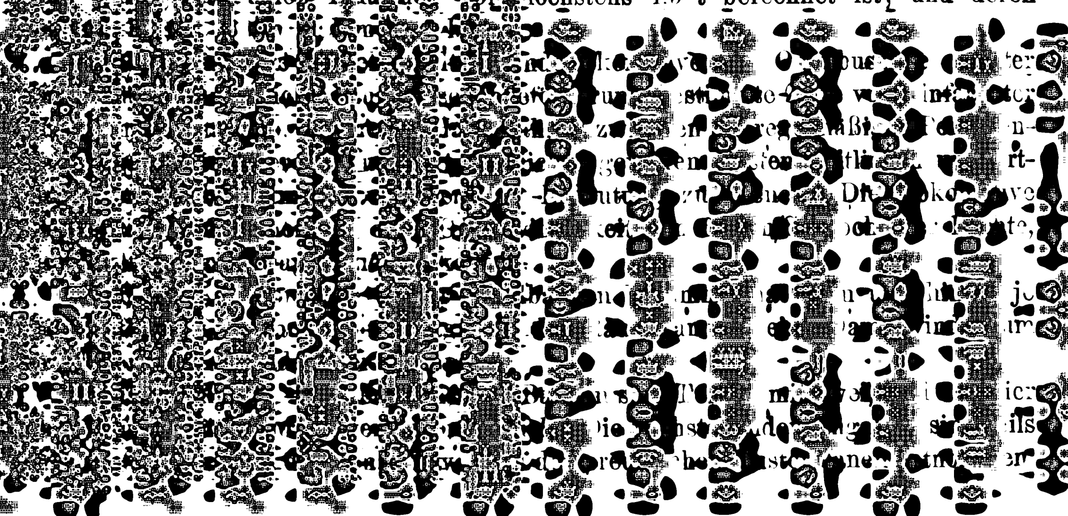


Abb. 59. Nebenbahn-Lokomotive. Henschel & Sohn in Cassel. (Nr. 39 der Zusammenst.).

Abb. 61. Waldbahn-Lokomotive. Baldwin, Philadelphia. (Nr. 68 der Zusammenst.).

...von 50 km/St. auf Strecken zu befördern, ...höchstens 4.5 t berechnet ist, und deren



V. Grundformen von Tendern.

Laufende Nummer	Eigentumsverwaltung	Anzahl Achsen	Achsstand m	Leergewicht t	Ladung Wasser cbm	Ladung Kohlen t	Dienstgewicht t	Achsdruck im Dienst t	Bemerkungen
1.	Kgl. preuß. St.-B. . .	2×2	{1,5 / 4,7}	21,7	18,0	5,0	44,7	11,3 *)	*) Druck der am stärksten belasteten Achse.
2.	Galizische Karl Ludwig-B.	3	3,16	7	10,5	7,2	25,9	8,6	
3.	K. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn . .	3	3,20	14,3	12,0	6,4	32,3	10,8	
4.	Kgl. sächs. St.-E. . .	3	3,55	13,1	12,0	3,4	29,0	9,7	
5.	„ „ „ . . .	3	3,00	11,4	9,0	3,0	23,8	7,9	
6.	Holländ. E.-G.	3	3,66	14,5	12,7	3,0	30,0	10,0	
7.	Badische E.	3	3,50	14,0	12,0	5,0	31,0	10,3	
8.	Kgl. preuß. E.-D. Erfurt	3	3,35	13,5	15,0	5,0	33,5	11,2	für Schnell- und Personenzuglokomotiven
9.	Kgl. ungar. St.-E. . .	3	3,20	15,5	17,0	8,0	40,5	13,5	für Schnellzuglokomotiven
10.	Deutsch - nordischer Lloyd	3	3,30	14,5	10,5	4,0	29,2	9,7	
11.	Kgl. preuß. St.-B. . .	3	3,30	14,0	10,5	4,0	28,5	9,9 *)	für Personen- und Güterzuglokomotiven
12.	„ „ „ . . .	3	3,30	15,1	12,0	5,0	32,1	12,0 *)	
13.	Oldenburgische St.-E.	2	3,10	9,3	9,0	4,0	22,3	11,2	zu Lokomotiven für gemischten Dienst
14.	Kgl. württemb. St.-E.	2	3,00	11,7	10,0	6,0	27,7	13,9	für Schnellzuglokomotiven
15.	Kgl. preuß. St.-B. . .	2	2,80	9,8	8,0	2,5	20,3	10,8 *)	

§ 12. Wahl der Grundformen für Lokomotiven, Tender und Wagen. Festsetzung ihrer Anzahl[55]**.** — Die Ausrüstung einer zu erbauenden Bahn mit Betriebsmitteln muß bei Zeiten wohl erwogen und richtig geplant werden.

Man lasse dabei große, aber weise Sparsamkeit in der Anlage walten, richte das Augenmerk zunächst auf die Bedürfnisse der ersten Betriebsjahre unter Offenhaltung der Vermehrung der Betriebsmittel nach Bedarf und wähle die Grundformen so, daß man sie für die Zukunft beibehalten kann. Übertriebene Sparsamkeit in der Anlage und dürftige, keiner gesunden Weiterentfaltung fähige Einrichtungen führen zu wirtschaftlich unvorteilhaftem Betriebe, und oft sind hinterher die Geldmittel zur Verbesserung der Fehler gar nicht mehr aufzubringen.

Eine Eisenbahn sammelt nicht nur den schon vorhandenen Verkehr, sie schafft ihn auch öfters und vermehrt ihn vom Tage ihrer Eröffnung an im günstigen Falle, so zu sagen, unaufhörlich, denn bei den besten und ältesten Bahnen ist die Grenze noch unermittelt. Im Verhältnisse dazu müssen aber ihre Hilfsmittel wachsen. Mangel an Fahrmitteln verursacht Überanstrengung und unzweckmäßige Verwendung des Vorhandenen, führt zu überhasteten und schleuderhaften Nachlieferungen und zur Entmutigung und Erschlaffung des Personales. Der Bedarf an Fahrbetriebsmitteln für eine geplante Bahn hängt ab von der Art und Größe des Verkehres

[55]) Siehe E. Tilp, Der praktische Maschinendienst im Eisenbahnwesen, Wien 1877.

und von der Gunst oder Ungunst der Verhältnisse, unter welchen er zu erfolgen haben wird. Zahlenangaben über die, bei ausgeführten Bahnen auf das Kilometer entfallenden Betriebsmittel aller Art können an sich eben so wenig nützen, wie daraus etwa abgeleitete Formeln. Man geht bei jedweder Veranschlagung um so sicherer, je mehr man auf die Sache sich einläßt. Auf fleißige, umfassende, zielbewußte Vorerhebungen und scharfsinnige, sachkundige Verwertung derselben kommt alles an. Oberflächliche Schätzungen oder gedankenloser Gebrauch bequemer empirischer Formeln können zu schweren Irrtümern führen und dem Ingenieur nachträglich bittere Vorwürfe zuziehen, welche sein Ansehen empfindlich schädigen.

Hat man also über Größe, Art und Richtung des Verkehres sich ein möglichst klares Bild gemacht, dann bestimmt die Art des Verkehres die Wagengattungen und ergiebt sich aus der Größe desselben die Anzahl der verschiedenen Fahrzeuge. Von der Führung der Linie hängt die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven ab, sowie deren Anzahl und zu wählende Bauart. An guten, erprobten Mustern von Betriebsmitteln ist heutzutage kein Mangel. Es handelt sich also viel mehr um zweckmäßige Auswahl unter vorhandenen, als um das Entwerfen neuer Grundformen.

Bei der Wahl der Grundformen sollten folgende Gesichtspunkte gelten:

1) Möglichst geringe Zahl der Bauarten, insbesondere bei Lokomotiven. Vielerlei Muster verursachen unwirtschaftlichen Werkstätten- und Zugförderungsdienst. Sie erfordern große Vorräte an Ersatzteilen, Abgüssen, Modellen, Schablonen und bedingen gewisse störende Ausnahmen in den Belastungstabellen, sowie in der Verwendungsweise überhaupt. Man kann fast sagen, es giebt für jede Bahn und jeden Verkehr ein bestimmtes bestes Muster, nicht aber mehrere gleich gute.

2) Größte Einfachheit der Konstruktionen, da die Bedienung den Händen meist nur praktisch geschulter, nicht immer einsichtsvoller Leute anvertraut werden muß.

3) Zweckmäßigkeit und Dauerhaftigkeit, oder größte Leistungsfähigkeit und geringste Abnutzung bei stärkster Inanspruchnahme: also Wahl starker, leistungsfähiger Maschinen, fassungs- und tragfähiger Wagen von möglichst geringem Eigengewichte, beste Baustoffe zu ihrer Herstellung und thunlichst gleichartige, nicht übertriebene Radbelastung zur Schonung des Oberbaues.

Die Wahl der Grundformen ist von großem Einflusse auf die Art und Vorteilhaftigkeit des Betriebes und auf die Erhaltungskosten der Bahn. Zu schwache Lokomotiven erhöhen nebst den Vorspann- und leeren, also schädlichen Fahrten, das Verhältnis der toten zur nützlichen Zuglast; zu starke ergeben größeren Brennstoff- und Schmiermittelverbrauch, unverhältnismäßige Abnutzung der Bahn und der Zug- und Stoßvorrichtungen. Die Wahl der Lokomotivgattungen richtet sich nach dem Verkehre. Werden Eilzüge nicht erforderlich und hat der Lastenverkehr keine größeren Steigungen als 10‰ zu überwinden, so genügen vielleicht Lokomotiven mit drei gekuppelten Achsen, sog. „Sechskuppler" allein, auch für gemischte Züge. Für Postzüge sind meist außerdem Lokomotiven mit 1,5 bis 1,6 m Treibraddurchmesser nötig. Bei anhaltenden Steigungen von 15 bis 25‰ werden noch Maschinen mit vier gekuppelten Achsen („Achtkuppler") in Aussicht zu nehmen sein. Für jede Bahn und jede auf ihr verkehrende Zuggattung lässt sich eine gewisse beste Lokomotivgrundform finden.

Für den Lastenverkehr sind thunlichst eingehende Berechnungen wegen der Wahl zwischen Sechs- und Achtkupplern anzustellen, sobald größere Steigungen in Betracht kommen.

In wagrechten Strecken ist an eine Ausnutzung der Zugkraft des Achtkupplers nicht zu denken, insbesondere weil Züge von entsprechender Länge sowohl die Kreuzungen als die Verschiebungen erschweren. Auf Strecken, von denen nicht über die Hälfte in 10 ‰ Steigung liegt, wird der Achtkuppler kaum in Erwägung kommen. Laufen auf der Bahnlinie kürzere Strecken unter, die mit Sechskupplern nicht mehr zu bewältigen wären, so wird man nicht um jener willen schwere Maschinen anschaffen, welche auf dem überwiegenden Teile der Linie niemals ausgenutzt werden könnten. Hier wäre unter Umständen Nachschiebedienst in Aussicht zu nehmen. Das Vollkommenste aber wäre: Beförderung der vollen Last mit einer Maschine und bei geringst möglicher Geschwindigkeit, und dies ist bei der Linienführung anzustreben[56]).

Für solchen Nachschiebedienst aber und zugleich als Bereitschaftsmaschinen für steckenbleibende Züge eignen sich im allgemeinen Personenzuglokomotiven.

Die Anzahl der Tender kann, hinlängliche Ausrüstung mit Lokomotiven vorausgesetzt, um etwa 15 bis 20 % geringer angenommen werden, als die der Lokomotiven, wenn nur eine Tendergrundform angeschafft wird. Anderen Falles ist dies nicht anzuraten, obwohl die Tender weit geringerer Ausbesserungen bedürfen, als die Lokomotiven. Allein der Wechsel der Ausrüstung und Signalmittel bedingt jedesmal eine zeitraubende Übergabe, die Kuppelungen und Schläuche passen nicht immer, u. dgl. m.

Das Mischen der Klassen in einzelnen Wagen kommt namentlich bei Flügelbahnen, im Nahverkehre und für gemischte Züge in Betracht. Man vermeidet die Beigabe ganzer, schlecht besetzter Wagen und bietet dafür einzelne, genügende Abteile. Ganze Wagen I. Kl. sind nur für Hauptbahnen mit Eil- und Badeort-Zügen zweckmäßig.

Gewisse Eilzüge führen nur Wagen I. Kl. Das Vorwiegen der einen oder anderen Wagengattung ist stets durch die Natur des zu erwartenden Verkehres bestimmt. Hat man über den mutmaßlichen Personenverkehr sich Angaben verschafft, so können für dessen Verteilung auf die verschiedenen Wagenklassen die hiefür bei den Anschlußbahnen sich ergebenden Verhältniszahlen als Richtschnur dienen.

Hat man die Leistung der Maschinen durch Rechnung oder durch Leistungsfahrten erhoben, so stellt man eine Belastungstabelle für alle Zuggattungen, nach Streckengruppen auf. Man teilt dazu die ganze Bahn, je nach ihren Widerstandsverhältnissen, in Belastungsstrecken ein, die man, unter thunlichster Zusammenziehung nicht sehr von einander abweichender Steigungen, so lang als möglich macht. Fallen diese Strecken mit Zugförderungsstrecken zusammen, um so besser. Wie wichtig es ist, bei der Linienführung hierauf thunlichst Rücksicht zu nehmen, leuchtet wohl von selbst ein. Die Belastungsstrecken sollten also einen möglichst gleichmäßigen Zugkraftaufwand erfordern und von einer Maschinenstation zur anderen reichen. Bei sehr großer, mehr als 100 km betragender Entfernung der Maschinen-Haupt-

[56]) Man vergleiche auch A. Frank, Über die vorteilhaftesten Geschwindigkeiten der Eisenbahngüterzüge, sowie die Abhängigkeit der Betriebskosten von der Geschwindigkeit der Züge, den Steigungen bezw. Krümmungen der Bahnstrecken und der Stärke des Verkehres, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1885, S. 165.

stationen sind noch Maschinen-Zwischenstationen, schon mit Rücksicht auf den Ersatz dienstunfähiger Zuglokomotiven vorzusehen, damit nicht etwa ein dazwischen liegen gebliebener Eilzug mehrere Stunden auf die Hilfsmaschine warten muss und Lastzüge wegen gestörter Kreuzungen halbe Tage versäumen.

Für die Sechs- und Achtkuppler sind die „Normallasten“ aufzustellen und vergleichende Berechnungen vorzunehmen. Als Normal- oder Urlast nimmt man eine, etwa 10 % unter der größtmöglichen liegende Belastung an und überläßt es dem Führer, nach eigenem Ermessen und auf seine Verantwortung, je nach dem Zustande der Maschine und des Wetters, bis an die Grenze zu gehen. Auf der österr. Nordbahn wird bei Lufttemperaturen unter 5° R. die Urlast ermäßigt, so daß bei — 10° nur mehr 80 % derselben angehängt werden. Wenn ein teilweises Versagen der Bremsen zu befürchten steht, z. B. bei Schneefall, Glatteis, Nebel, soll die Belastung schon bei Gefällen von 4 ‰ nur die Hälfte bis drei Viertel der Urlast betragen. Auch sollte dann die Anzahl wirksamer Bremsen um 25 % größer gemacht werden als sonst. Über vereinzelte Steigungen von 1/150 (6,7 ‰) und mehr darf für Züge jeder Art eine Vorspann- oder Nachschiebemaschine beigegeben werden, wenn die Züge ein Übergewicht von mindestens 40 % haben, oder sonst die Fracht dringlich ist. Der Nachschiebedienst hat unter allen Umständen den Nachteil leerer Rückfahrt der zweiten Maschine; daher schlechte Ausnutzung derselben, vermehrte Mannschaft und Weitläufigkeiten für den Betrieb. Der Nachschiebedienst wird indessen dem Vorspanndienste auf langen, steilen Strecken vorzuziehen sein, da er immerhin eine günstigere Ausnutzung der Zugkraft gestattet, Sicherheit gegen das Entrollen abgerissener Zugteile gewährt und die Zugvorrichtungen schont. Man kann dabei auf jede Maschine die volle Urlast rechnen, was bei Vorspann nicht erreichbar ist. Auf der Wasserscheide angelangt, stellt sich die Schiebemaschine, wenn ein starkes Gefälle folgt, an die Spitze des Zuges und hilft bei der Thalfahrt bremsen. Es ist jedoch entschieden unwirtschaftlich, in langen Strecken Züge durchgehends mit zwei Maschinen zu befördern.

Man stelle die Vorspann- oder Nachschiebemaschinen so auf, daß sie nach beiden Seiten einer Wasserscheide Dienste leisten können, also bei kürzeren und nicht viel über 30 km langen Steigungen oben; außerdem bringe man bei ungleich langen Steigungen noch eine Lokomotive am Fuße der längeren Steigung unter, oder je eine am Fuße jeder Steigung. Diese Lokomotiven haben zugleich den Bereitschaftsdienst für Hilfsfahrten zu liegen gebliebenen Zügen zu übernehmen.

Bei Güterzügen wird zuerst die größtzulässige Belastung festgesetzt und danach die Fahrgeschwindigkeit so bemessen, daß die Leistungsfähigkeit der Lokomotive am vollständigsten ausgenutzt wird. Bei Eilzügen ist es umgekehrt.

§ 13. Einiges über die Einleitung des Betriebes. — Bei Beginn des Betriebes werden in der Regel weder hinreichend viele Reisende für reine Personenzüge, noch genügende Frachten für voll belastete Güterzüge vorhanden sein.

Die Einleitung von Personenzügen ist, wenn nicht die Bahn durch das Postbedürfnis, Staatsverträge u. dgl. dazu gezwungen wird, nur abhängig davon, ob der Personenverkehr mindestens die Selbstkosten deckt. Lastzüge dürfen überhaupt nur eingeleitet werden, wenn für jeden Zug die Urlast vorhanden ist.

Der Betrieb einer neuen Bahn wird daher im allgemeinen mit dem Verkehre gemischter Züge zu beginnen haben. Da mit gemischten Zügen die Frachten ohne Aufschlag befördert werden, so sollen diese Züge nicht als Personenzüge mit Güter-

beförderung, sondern als Lastzüge mit Personenbeförderung sich kennzeichnen. Weil aber letztere dabei sehr langsam erfolgt, so muß der Fahrpreis ein entsprechend niedriger sein. Bei Bahnen mit gleichen Ausgangs- und Endpunkten wird die Einleitung von Eilzügen hauptsächlich für jene Bahn in Frage kommen, deren Linienführung die Züge in der kürzesten Zeit zu befördern gestattet. In der Fahrordnung, welche selbstverständlich bei Beginn des Zugverkehres schon festgesetzt sein muß, werden die Züge nummeriert, von der Hauptstation ausgehend mit 1, in umgekehrter Richtung mit 2 beginnend, so daß die ungeraden Nummern vom Hauptbahnhofe abfahren, die geraden ankommen. Die Nummern der entsprechenden Züge für abzweigende Linien bleiben dieselben, nur wird ihnen ein ungerader bezw. gerader Hunderter vorgesetzt: 1 und 2 Hundert für den ersten, 3 und 4 Hundert für den zweiten Flügel u. s. w. Die Fahrordnung soll nicht nur die täglich regelmäßig, sondern auch die an Sonn- und Feiertagen u. dgl. verkehrenden Züge, und überdies in hinreichender Zahl Bedarfs-(Sonder-)Züge enthalten, deren Einleitung — meist handelt es sich um Lastzüge — von Fall zu Fall stattfindet. Hiedurch erreicht man, daß für solche Züge nicht erst eigene Fahrordnungen in Umlauf gesetzt zu werden brauchen, sondern die Beamten ohne Umstände von deren Verkehr benachrichtigt werden können.

Grundsätzlich soll ferner, um der Sicherheit des Betriebes willen, jede Überanstrengung und Verwirrung der Beamten vermieden werden und daher die Zahl und Fahrordnung der regelmäßigen Züge möglichst unverändert bleiben.

Die naturgemäße Rangordnung der Züge ist diese: Eilzüge, Personenzüge, gemischte Züge, Lastzüge. Über die Rangordnung von Bedarfszügen, wozu auch die Militärzüge zu rechnen sind, entscheidet ihre jeweilige Dringlichkeit. Bei Zügen gleicher Gattung haben die vom Hauptbahnhofe ausgehenden den Vorrang. Der Vorrang besteht darin, daß der höherstehende Zug dem tieferstehenden vorfährt, daher der letztere auf dem Kreuzungsbahnhofe zu warten hat, bis die Bahn für ihn frei wird. Hierauf ist bei Anordnung und Ausführung der Bahnhöfe Rücksicht zu nehmen.

Zweiter Abschnitt.

Bewegung der Eisenbahnfahrzeuge in Krümmungen und Geraden.

§ 14. Bewegung in Krümmungen[57]. — Es fragt sich, ob und unter welchen Umständen es möglich wäre, daß ein Wagen mit fest auf den Achsen aufgekeilten Rädern sich eben so leicht in der Krümmung bewegte, wie auf gerader Bahn.

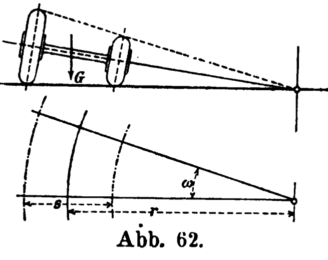


Abb. 62.

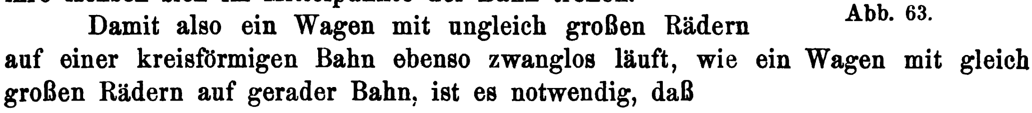
Betrachten wir zunächst einen einzelnen Radsatz (Abb. 62). Die beiden ungleich großen, auf der Achse festsitzenden Räder mögen abgerundete Laufflächen haben; werden sie auf ebener wagrechter Bahn in Bewegung gesetzt, so rollen sie wie ein Kegel um den Punkt herum, in welchem die Ebene von der Achse geschnitten wird. Bezeichnen d_1 und d_2 die Laufkreisdurchmesser der Räder, r_1 und r_2 die Halbmesser der entsprechenden Bahnkreise, so wird sein

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Das ungleiche Räderpaar hat außer der fortschreitenden noch eine drehende Bewegung um eine lotrechte Achse auszuführen. Dieselbe wird durch einen Widerstand bedingt, welcher offenbar aus einem, an den beiden Auflagerpunkten der Räder wirkenden Gegenpaare besteht[58]. Hievon abgesehen aber wird jedes Laufwerk ganz zwanglos auf einem kreisförmigen Schienengleise herumlaufen, wenn die Halbmesser der Laufkreise sich verhalten wie die der Bahnkreise.

Das Nämliche gilt, wenn wir zwei derartige Radsätze (Abb. 63) so mit einander zu einem Wagen verbinden, daß ihre Achsen sich im Mittelpunkte der Bahn treffen.

Abb. 63.



Damit also ein Wagen mit ungleich großen Rädern auf einer kreisförmigen Bahn ebenso zwanglos läuft, wie ein Wagen mit gleich großen Rädern auf gerader Bahn, ist es notwendig, daß

[57] Siehe auch: Hofmann, Das Verhalten der Eisenbahnfahrzeuge beim Durchlaufen von Kurven, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1880, S. 198 u. 231.

[58] Siehe Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau, 1. Heft, 2. Auflage, S. 32.

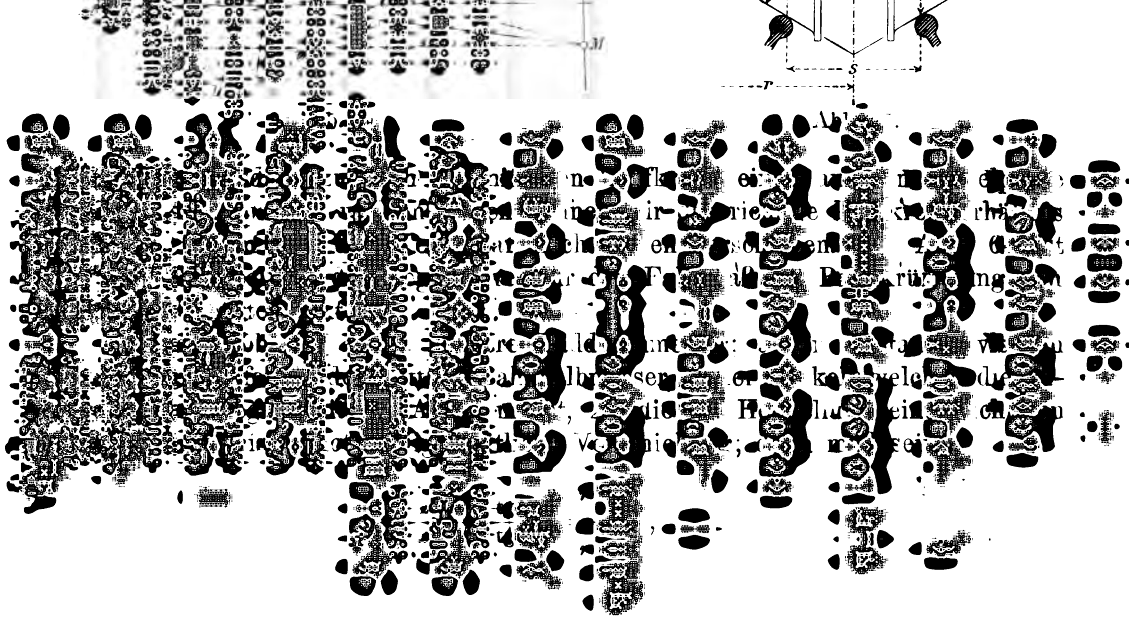
[illegible] ise wie jene der Bahnkreise sich verhalten und [illegible] ittelpunkte der Bahn sich treffen.

[illegible] ade Bahn, wo der Mittelpunkt der Bahnkreise [illegible] die Raddurchmesser gleich werden.

[illegible] nur einem einzigen Falle, und ein für gerade [illegible] n so wenig im Bogen zwanglos fortbewegen [illegible] eisförmige Bahn gebauter in einer solchen von [illegible] aden.

[illegible] ngleicher Räder, aber parallelen Achsen wird [illegible] ämlich die Räder jedes Radsatzes gleich stark [illegible] s großen Rades das des kleinen überwiegen, [illegible] eiten, und zwar wird bei jeder Umdrehung des [illegible] gleitend zurücklegen, welcher gleich ist dem [illegible] e nach der verhältnismäßigen Belastung kann [illegible] ein Gleiten beider Räder ohne Drehung.

[illegible] wärtigt, daß auf einer Bahn Krümmungen von [illegible] chiedenem Sinne mit Geraden abwechseln, so [illegible] stellbaren Achsen und Räder mit veränderlichen [illegible] er letzteren Forderung zu entsprechen, steht [illegible] g, als die Räder kegelförmig zu machen. Man [illegible] timmende Kreiskegel *ABD* und *CBD* (Abb. 64) [illegible] der gefügt und dieselben auf ein gleichlaufendes [illegible] ene gesetzt, so daß die Achse der Kegel durch [illegible] hindurch geht. Sind die Gleise gerade, so hat [illegible] n, daß die Laufkreise gleich werden (Abb. 65).



folglich $$\frac{\Delta s}{s} = \frac{d}{4r \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{4} \cdot \frac{d}{r} \cdot \operatorname{cotg} \alpha \,.$$

Da d im Verhältnis zu r stets klein ist, so braucht auch Δs nur verhältnismäßig klein zu sein, vorausgesetzt, daß α thunlichst groß gemacht wird. Für flache Bögen ist geringe, für schärfere eine größere Verschiebung nötig. Es muß aber eine Kraft vorhanden sein, welche diese Verschiebung bewirkt.

Was wir hier für einen einzelnen Radsatz mit kegelförmigen Rädern gefunden haben, tritt nicht mehr ein, sobald zwei solcher Radsätze oder Laufwerke mittels eines Rahmens, in welchem beide Achsen gleichlaufend gelagert sind, ohne sich gegen einander verstellen zu können, zu einem Wagen verbunden werden. Dann hat der Wagen das Bestreben, sich geradlinig fortzubewegen, und kann nur dadurch auf bogenförmiger Bahn erhalten werden, daß der Spurkranz des äußeren Vorderrades am Innenrande der äußeren Schiene anschneidet. Hiedurch wird zwar bei der Vorderachse ein einigermaßen richtiges Verhältnis der Laufkreise, aber eine falsche Richtung der Achse hergestellt, indem letztere am Mittelpunkte der Bahn vorbeigeht; die Wirkung der Kegelform wird somit beeinträchtigt. Indem aber der Spurkranz längs der Schiene hingleitet, wird nicht nur ein Entgleisen verhütet, sondern auch der Wagen im Bogen geführt. Der Berührungspunkt zwischen dem Spurkranze des äußeren Vorderrades und der Schiene dient dem hinteren Radsatze als Drehpunkt, und, wie das Hintergestell eines Straßenfuhrwerkes sich um den Zapfen des Vordergestelles dreht und im Bogen seine Achse nach dem Krümmungsmittelpunkte einstellt, so geschieht dies auch bei der Hinterachse eines Eisenbahnfuhrwerkes, wenn ein hinreichender Spielraum im Gleise vorhanden ist. Hierauf hat wohl zuerst Wöhler hingewiesen[59]. Die ersten Versuche aber zur Feststellung dieser Thatsache dürfte A. Wellington[60] angestellt haben. Er baute einige schwere Modelle vierräderiger Eisenbahnfahrzeuge, sowohl mit cylindrischen als mit stark kegelförmigen Rädern, deren Achsstand sich nach Belieben vergrößern und verkleinern ließ. Auch Spurweite und Bahnhalbmesser ließen sich verändern. Die Spurkränze waren nahezu senkrecht und mit scharfem inneren Rande versehen, um von demselben aus genau messen zu können. Wellington fand, daß die Kegelform der Räder auf die Stellung des Wagens im Bogen ganz ohne Einfluß war. Das äußere Vorderrad befand sich stets in Berührung mit der Außenschiene, die Hinterachse war stets nach dem Mittelpunkte der Bahn gerichtet, so lange das Verhältnis zwischen Radstand, Spurweite und Bahnhalbmesser innerhalb gewisser Grenzen blieb.

Eine merkliche Abweichung kann bei großer Fahrgeschwindigkeit die Centrifugalkraft hervorbringen. Sie wird den Druck des anschneidenden vorderen Spurkranzes vermehren und die Hinterachse aus ihrer radialen Stellung zu bringen und sie der Außenschiene zu nähern streben. Die so verbreitete Meinung, bei steifachsigen vierräderigen Eisenbahnfuhrwerken schleife in gekrümmten Bahnstrecken das äußere Vorderrad am äußeren, das innere Hinterrad am inneren Schienenstrange, ist daher keineswegs allgemein giltig. Ausführliche Betrachtungen über diese Verhältnisse finden sich in den Schriften von Dr. H. Scheffler, Die Wirkung zwischen

---

59) Wöhler, Über den Einfluß der Form des Schienenkopfes und der Radreifen auf deren gegenseitige Abnutzung und auf die Bewegung der Eisenbahnfahrzeuge, Zeitschr. f. Bauw. 1859, S. 359.

60) A. Wellington, Economic Theory of the Location of Railways, 5. Aufl. 1893, S. 282.

[illegible] sowie Bödecker, Die Wirkungen zwischen [illegible]

[illegible] das Verhalten von Fahrzeugen mit mehr als [illegible] stellung auftretenden Kräfte näherungsweise [illegible] iche Konstruktionen geführt worden, welche [illegible] Siehe hierüber § 16 und 17.

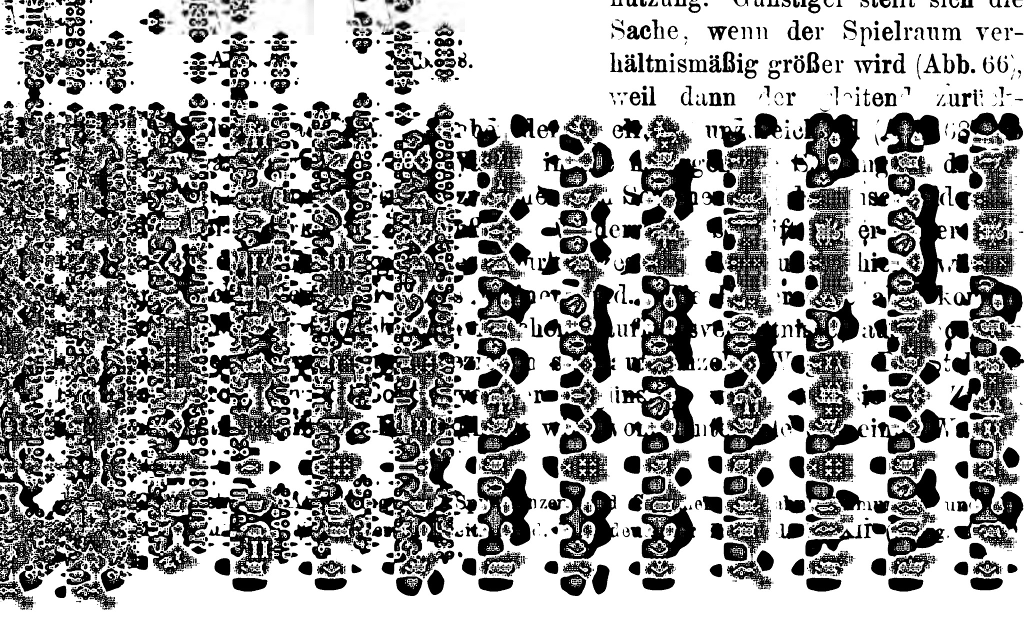
[illegible] Bahnhalbmesser, l den Achsstand eines vier- [illegible] Wagens, e das Stück, um welches der lichte [illegible] größer sein muß, als s, damit der Wagen die [illegible] men kann, dann gilt annähernd für den durch [illegible] Beziehung

$$e = \frac{l^2}{2r}.$$

[illegible] ben aus. In Abb. 66 ist $e > \frac{l^2}{2r}$ und die Spur- [illegible] nd in Abb. 68 $e < \frac{l^2}{2r}$ ist, daher vermag der [illegible] te nicht in die durch Punktierung angedeutete [illegible] ern schneidet mit dem Spurkranze des inneren [illegible] ge an.

[illegible] wird in dem Falle von Abb. 67 die Kegelwirkung [illegible] rhin Gesagten, in unvollkommener, beim hinteren [illegible] ltung kommen, wiewohl die Hinterachse richtig [illegible] nere Laufkreis einen größeren, der größere Laufkreis einen kleineren Weg zu durchmessen hat, als der Schwerpunkt des Wagens, wird das innere Hinterrad auf der Schiene gebremst, das äußere vorwärts geschleift, und es erwächst Arbeitsverlust und Abnutzung. Günstiger stellt sich die Sache, wenn der Spielraum verhältnismäßig größer wird (Abb. 66), weil dann der [illegible]

Abb. [illegible] 8.



auf den Vorderteil des folgenden durch eine in der Mitte angebrachte Kuppelung übertragen, und dies bewirkt, daß beide sich der Gleismitte mehr nähern und die Spurkränze weniger anschneiden. Eine verderbliche Wirkung wird dann hauptsächlich die Lokomotive äußern. Durch obiges Wenden der Wagen aus der naturgemäßen in eine widernatürliche, aber für die Schonung von Gleis und Rädern günstigere Stellung wird ein Teil der Zugkraft verbraucht. Auch bei der Thalfahrt, wo keine Zugkraft nötig ist, vermögen die einzelnen Wagen des Zuges in günstigem Sinne richtend auf einander zu wirken, wenn der Zug steif gekuppelt ist, jedoch das äußere Vorderrad des ersten Fahrzeuges wird wahrscheinlich eine Vergrößerung des Spurkranzdruckes erfahren.

§ 15. Form der Laufflächen und der Spurkränze. — Aus den im vorigen Paragraphen angestellten Betrachtungen geht hervor, daß kegelförmige Räder den Zweck, um dessentwillen man sie ursprünglich herstellte, nämlich Erleichterung des Durchfahrens von Bögen, keineswegs erfüllen. Man hat deshalb schon frühzeitig erwogen, ob es nicht vorteilhafter wäre, die für die gerade Bahn naturgemäße Form der Laufbahnflächen, die cylindrische, überhaupt einzuführen. Bis heute ist die Frage noch nicht endgiltig entschieden. Eine bereits 1842 durch Rankine veröffentlichte Arbeit[62]) konnte der Verfasser leider, selbst in London und Glasgow, nicht auffinden. Versuche mit Modellen haben für cylindrische Räder günstige Ergebnisse geliefert[63]), Versuche in größerem Maßstabe aber fehlen bis jetzt. Ein sehr angesehener deutscher Fachmann schreibt: „Für die Gerade ist die natürliche Form der Lauffläche der Räder die cylindrische, aber diese Form giebt keine genügende Führung. Geringe Ungleichheiten im Gleise, kleine Ungenauigkeiten in der Stellung der Achsen u. dgl. veranlassen Ablenkungen von der Richtung, welche bei cylindrischen Rädern keine ausgleichende Gegenwirkung finden und so einen schwankenden Gang der Fahrzeuge zuwege bringen. Es war deshalb notwendig, die Räder etwas konisch zu machen, wodurch bei einer Abweichung von der normalen Lage ungleiche Radien zur Abwälzung kommen, welche dem Räderpaare die Tendenz geben, in einem Bogen in die normale Lage zurückzukehren. Je stärker der Konus der Räder, um so energischer wird diese Führung sein, und einzelne Bahnen, welche ursprünglich einen schwächeren Radkonus gewählt hatten, sind zu einem stärkeren übergegangen, weil ersterer das Schwanken nicht genügend verhinderte.“ Thatsache ist aber, daß die stark kegelförmigen Räder in Geraden fortwährend um die Mittellage herumschlingern und ein für Jedermann wahrnehmbares, unleidliches Hin- und Herschleudern aus einer falschen Stellung in die andere verursachen, woraus teilweises Gleiten und unvermeidliche Abnutzung auf Kosten der Zugkraft erwachsen müssen, während Cylinderräder sich einfach mit dem Spurkranze dem einen oder anderen Schienenstrange nähern werden, was in Bögen ohnehin geschieht und hier den bekannten ruhigen Gang hervorbringt. Man ist übrigens heutzutage mit der Kegelform schon ziemlich weit herabgegangen und in Amerika kann sie geradezu als verlassen gelten. Abb. 69 stellt den Durchschnitt eines Radkranzes nach § 70, 71 und 72 der T. V. dar.

§ 70. [6] Die Laufflächen der Räder müssen sich in neu gedrehtem Zustande von der Spurkranzhohlkehle nach außen hin kegelförmig verjüngen. Es ist zulässig, bei den in einem

---

[62]) Experimental Inquiry on the Use of Cylindrical Wheels on Railways.

[63]) Siehe M'Dowell, The Engineer, 1876.

gemeinschaftlichen Rahmen gelagerten Achsen die Laufflächen der Mittelräder cylindrisch zu gestalten. Für die Neigung des Kegels wird das Verhältnis 1 : 20 und für die Gestaltung der Lauffläche und des Spurkranzes die auf Abb. 69 dargestellte Umrißzeichnung empfohlen.

Abb. 70 zeigt, nach v. Littrow, den Radkranzquerschnitt amerikanischer Eisenbahnfahrzeuge. Während also auf Vereinsbahnen noch ein Anzug von 1 : 20 vorherrscht, ist man in Amerika bereits auf 1 : 40 herabgegangen und zwar, wie Wellington auf S. 283 seines Buches in einleuchtender Weise darlegt, erblickt man in obigem Anzuge nur eine Verstärkung mit Rücksicht auf die, in der Nähe des Spurkranzes größere Abnutzung, die Grundform des Rades aber denkt man sich cylindrisch. Der ruhige Gang guter amerikanischer Eisenbahnwagen ist sicherlich der, von der cylindrischen nur unmerklich abweichenden Form der Laufflächen mit zuzuschreiben.

Für die Abnutzung wichtig ist das Verhältnis zwischen den Abrundungen des Schienenkopfes und der Spurkranzhohlkehle. Wahrscheinlich wird es[64]) für jede Form des Schienenkopfes eine Form des Flansches geben, welche besser ist, als

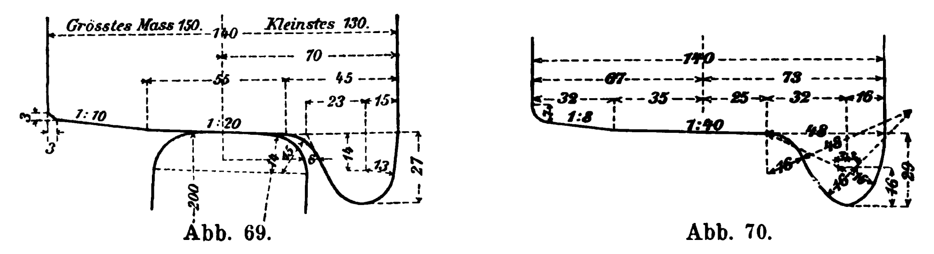


Abb. 69. Abb. 70.

alle anderen. Schließt sich die Flanschenkurve nahe der Abrundung des Schienenkopfes an, so passen beide bald in einander und schaben sich gegenseitig ab. Wöhler[65]) wies nach, daß es zweckmäßig sei, der Spurkranzhohlkehle eine möglichst flache Abrundung zu geben, wie sich das heute auch überall findet. Die Übergangsform aus dem Kegel in den Innenrand des Flansches besteht aus einem Bogen, der in England $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll (12,5 bis 19 mm), in Deutschand 14 bis 29 mm Halbmesser hat, während nach § 5^2 der T. V. die innere seitliche Abrundung des Schienenkopfes mit einem Halbmesser von 14 mm erfolgt. Wahrscheinlich wird durch flache Ausrundung die Abnutzung geringer, weil das Schaben des Flansches an der Schiene vermieden wird. Im Bogen aber kann sich das Leitrad am Flansch hinaufschieben und der Laufkreis kommt ganz in die Hohlkehle zu liegen, so daß er selbst bei cylindrischer Lauffläche noch einen beträchtlich größeren Durchmesser erhält. Auf diese Art findet eine selbstthätige Regelung in den verschiedenen Bahnkurven statt, namentlich wenn man noch dafür sorgt, daß die Vorderachse sich radial einstellen kann.

§ 16. Die Ursachen der Abnutzung von Spurkränzen und Schienen in Bahnkrümmungen[66]). — Kleine Räder müssen sich, wie auch die Erfahrung lehrt,

---

[64]) Vgl. The Flanges of leading Wheel-Tyres, The Engineer vom 11. März 1881.

[65]) Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 182.

[66]) Nach Rich. Helmholtz, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1888, Band XXXII, Seite 330 u. 353. Siehe auch Hoffmann im Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1880, S. 189, sowie Mackenzie in den Min. of. Proc. of the Inst. C. E. 1883, April 24.

rascher abnutzen, als große, weil bei ersteren der nämliche Punkt öfter mit der Schiene in Berührung kommt. Aus demselben Grunde werden die Schienen, einerlei ob Eisen oder Stahl, voraussichtlich länger halten als die Räder. Wo Radkränze und Schienen aus nahezu einerlei Material bestehen, kann man annehmen, daß die Summe der Abnutzung aller Schienenköpfe annähernd gleich sein werde der Summe der Abnutzung aller Radreifen.

Die Fahrzeuge sind im Laufe der Zeit immer schwerer, die Krümmungsverhältnisse immer ungünstiger geworden, und der Verschleiß an Rad und Schiene hätte ein bedrohliches Maß erreicht, wenn nicht eifrig nach Vorbeugungsmitteln geforscht worden wäre. Der Übergang vom Eisen zum Stahl, das Schmieren der Spurkranzhohlkehlen und das Auffinden einer zweckmäßigen Form für die letzteren waren die nächstliegenden Vorkehrungen. Hand in Hand mit denselben ging die Herstellung beweglicher Radgestelle und verschiebbarer oder lenkbarer Achsen. Eine Hauptursache der Abnutzung zwischen Spurkranz und Schienenkopf ist das Anschneiden der Spurkränze der äußeren Vorderräder gegen den äußeren Schienenstrang. Diese Wirkung ist um so größer, je größer der Anschneidewinkel und je größer die Kraft, womit der Spurkranz angedrückt wird. Um die Abnutzung zu vermindern, muß man eine dieser Größen oder beide möglichst klein machen. Wir haben gesehen, daß jeder Radsatz eines steifachsigen Fahrzeuges das Bestreben hat, geradeaus zu laufen, d. h. sich in jedem Augenblicke rechtwinkelig zu seiner Achse fortzubewegen, und daß demgemäß die Vorderachsen steifachsiger Fahrzeuge gegen den äußeren Schienenstrang anlaufen und die Hinterachsen sich so weit davon zu entfernen suchen, bis sie radial stehen. Der hiezu nötige Spielraum wird in § 23 eingehend erörtert. Wir setzen ihn hier als vorhanden voraus. Jeder Radsatz, welcher gezwungen wird, anders als geradeaus zu laufen, drängt mit einer Kraft, die hauptsächlich von seiner Reibung auf den Schienen abhängt, nach der Seite, wohin er, sich selbst überlassen, von der vorgeschriebenen Bahn abweichen würde. In diesem Falle befinden sich alle nicht radial stehenden Achsen; der Seitendruck tritt auf, sobald die Achse anders als radial steht. Wird der Zwang durch das Gleis ausgeübt, so äußert sich der Seitendruck als Druck zwischen Schiene und Spurkranz; wird er durch die feste Verbindung des Radsatzes mit dem Rahmen des Fahrzeuges bewirkt, so überträgt sich der Seitendruck durch die Achslager auf den Rahmen. Dem ersten Falle entspricht die anschneidende Vorderachse, dem zweiten entsprechen die unverschiebbar gelagerten Mittelachsen mehrachsiger Fahrzeuge.

Wir wollen nun Vorstehendes an Fahrzeugen mit zwei und mehr festgelagerten Achsen verfolgen, soweit dies auf Grund der allereinfachsten Annahmen und mehr den Wert von Schätzungen besitzender Rechnungen möglich ist. Die betrachteten Fahrzeuge sollen alle den nämlichen Radstand l haben. Bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Achsen sei der Gesamtradstand l in gleiche Einzelradstände geteilt.

1) Zweiachsiges Fahrzeug. Die Vorderachse schneidet mit ihrem Spurkranze gegen den äußeren Schienenstrang an und wird an ihn vermöge der Reibung mit einer gewissen Kraft P' angedrückt. Die Hinterachse läuft radial, also zwanglos.

2) Dreiachsiges Fahrzeug.

a. Setzen wir zunächst den Fall, die Längsachse des Fahrzeuges stände als Sehne in der Krümmung, so daß die äußeren Spurkränze der Endachsen den äußeren, und der innere Spurkranz der Mittelachse den inneren Schienenstrang berühren. Gewöhnlich wird angenommen, für die zwanglose Bewegung genüge es, wenn der

Spielraum der Spurkränze gleich ist der zur Sehne l gehörigen Pfeilhöhe. Die Unrichtigkeit dieser Anschauung ergiebt sich aus Folgendem:

Der vordere Radsatz schneidet außen an und zwar von sich selbst aus mit einer Kraft P'. Die Achse des hinteren Radsatzes drückt mit einer Kraft P''' nach innen gegen ihre Lager; hiedurch wird mittels der Lager der Mittelachse ein Druck auf diese nach innen ausgeübt und ihr innerer Spurkranz an den inneren Schienenstrang gepreßt. Die Lager der Vorderachse aber werden gleichzeitig durch Hebelwirkung nach außen gedrückt, wodurch der Druck des Leitradflansches gegen die Außenschiene sich steigert. Es herrscht also ein bedeutender Zwang, welcher, wie Rich. Helmholtz beobachtet hat, so weit gehen kann, daß in Folge des Druckes auf den Spurkranz des inneren Mittelrades der Radkranz des äußeren von der Schiene abgehoben wird.

b. Die Vorderachse schneide an, die Hinterachse laufe radial, also zwanglos, wie beim zweiachsigen Fahrzeug. Die Mittelachse sucht nach außen zu laufen, drückt in Folge dessen mit einer Kraft P'' gegen ihre Lager und dieser Druck wird durch den Rahmen je zur Hälfte auf die beiden Endachsen übertragen. Der Druck der Vorderachse gegen die Außenschiene erhöht sich von P' auf $P' + \frac{1}{2} P''$, der nach außen gerichtete Druck $0{,}5\,P''$ der Lager der Hinterachse vermag jedoch die Reibung zwischen Lauffläche und Schiene in der Regel nicht zu überwinden und die Hinterachse verharrt in ihrer radialen Stellung. Daraus läßt sich schließen, daß das dreiachsige Fahrzeug einen größeren Spurkranzdruck und folglich eine zerstörendere Wirkung ausübt, als ein zweiachsiges vom nämlichen Radstande und gleicher Achsbelastung, und zwar um so mehr, je geringer der Spielraum zwischen den Spurkränzen und Schienen.

3) Vierachsiges Fahrzeug.

Wir setzen wieder voraus, die Hinterachse stehe radial; dann drängen die zweite und dritte Achse nach außen. Der Seitendruck der zweiten Achse überträgt sich zu $^2/_3$ auf die vordere, zu $^1/_3$ auf die hintere Achse; jener der dritten zu $^1/_3$ auf die Vorder- und zu $^2/_3$ auf die Hinterachse, so daß sich folgender Zustand ergiebt.

Vorderachse: Spurkranz mit $P' + \frac{2}{3} P'' + \frac{1}{3} P'''$ außen angedrückt; die Lager drücken mit $\frac{2}{3} P'' + \frac{1}{3} P'''$ nach außen gegen die Achse. Zweite und dritte Achse: Spurkränze frei; die Achsen drücken mit den Kräften P'' bzw. P''' nach außen gegen die Lager. Hinterachse: Spurkränze frei; die Lager drücken mit $\frac{1}{3} P'' + \frac{2}{3} P'''$ nach außen gegen die Achse. Wäre nun dieser Druck gleich der Reibung, welche die radiale Stellung der Achse zu halten sucht, so würde die Stellung des Fahrzeuges keine bestimmte sein.

Im allgemeinen wird die Hinterachse radial stehen, wenn die hinteren, die dritte Achse, wenn die vorderen Achsen stärker belastet sind. Letzterer Zustand wird aber für das Durchfahren von Bögen vorteilhafter sein, da sich das vierachsige Fahrzeug dann ebenso bewegt, als wenn der Gesamtradstand nur $^2/_3\, l$ betrüge. Dies führt auf ein, durch Helmholtz vorgeschlagenes Vergleichsmaß, den „ideellen oder begrifflichen Radstand“. Es ist dies der Abstand einer Achse von einem mit ihr gleichlaufenden Halbmesser, und wenn wir sagen, eine Achse habe „l Meter begrifflichen Radstand“, so heißt das, der Anschneidewinkel der Achse ist derselbe,

wie bei der Vorderachse eines steifachsigen vierräderigen Fahrzeuges von l Meter Radstand.

Aus der im § 14 festgestellten Thatsache, daß in einem Radsatze, dessen gleich stark belastete Räder in der geraden Bahn auf ungleichen Laufkreisen rollen, das kleinere Rad vorwärts geschleift wird, ergiebt sich ohne weiteres folgender Satz:

Jeder Radsatz, dessen Räder in der geraden Bahn auf ungleichen Laufkreisen rollen, oder in der Bahnkrümmung auf Laufkreisen, deren Durchmesser nicht im Verhältnisse der Bahnkreishalbmesser stehen, übt auf das Rahmengestell, in dem er gelagert ist, ein wagrechtes Drehmoment aus, in dem Sinne, daß das Rad mit dem verhältnismäßig größeren Laufkreise vorzulaufen, das andere zurückzubleiben sucht. Dieses Moment ist gleich der Reibung eines Rades auf der Schiene mal der Spurweite, und tritt auf, sobald eine Abweichung von dem richtigen Verhältnisse der Laufkreise vorhanden ist, ob größer oder kleiner, ist gleichgiltig.

Es kann also beim zweiachsigen Fahrzeuge wegen des verkehrten Laufes der Hinterkegel ein Drehmoment hinzukommen, welches den Spurkranzdruck an der Vorderachse vermehrt. Der Zuwachs ist aber verhältnismäßig klein und kann auch durch ein entgegengesetztes Moment der Vorderachse ganz oder teilweise aufgehoben werden.

Bei Fahrzeugen, wo mehrere Achsen anschneiden, ist für das Fahrzeug selber die am stärksten anschneidende Achse maßgebend, da das Scharflaufen der Spurkränze auch nur einer einzigen Achse den Zeitpunkt bestimmt, wann die Maschine in Reparatur muß. Die Abnutzung des Gleises ist nach der Summe der anschneidenden Achsen zu beurteilen. Wahrscheinlich wird das Gleis durch zwei schwächer anschneidende Achsen weniger angegriffen als durch eine stärker anschneidende.

§ 17. Die konstruktiven Mittel zur Verminderung der Abnutzung von Spurkränzen und Schienen in Bahnkrümmungen[67]. — Es sollen folgende Mittel behandelt werden:

1) Geradlinig verschiebbare Achsen.
2) Zweiachsiges amerikanisches Drehgestell.
3) Feste Tenderkuppelung nach Engerth und anderen.
4) Freie Lenkachsen.
5) Zwangläufige Lenkachsen.
6) Einachsiges Deichselgestell nach Bissell; Adams'sche Achsbüchsen.
7) Verknüpfungen, und zwar
   a) geradlinig verschiebbare Achse und Lenkachse,
   b) geradlinig verschiebbare Achse und Drehgestell.

Die ersten vier Arten kommen auch bei Wagen, die letzten drei nur bei Lokomotiven vor. Weil aber Lokomotiven vermöge ihrer großen Achsbelastungen den nachteiligsten Einfluß auf das Gleis üben, so werden wir uns vorzugsweise mit diesen beschäftigen.

Als Grundlagen für den Vergleich sollen zwei steifachsige Maschinen von gewöhnlichen Verhältnissen dienen, nämlich die „Normal-Personenzug- und die Normal-Güterzuglokomotive“ der preußischen Staatsbahnen (Abb. 71 und 72). Beide laufen mit der Hinterachse radial; ihre begrifflichen Radstände sind also gleich den wirklichen, nämlich 4,4 m bezw. 3,4 m.

---

67) Nach Richard Helmholtz a. a. O.

1) Geradlinig verschiebbare Achse. Als Beispiel, wie durch eine solche Achse die Abnutzungsverhältnisse gebessert werden können, diene der Gebirgs-„Achtkuppler" der österreichischen Südbahn, Abb. 73. Diese Maschinen entsprechen erfahrungsgemäß nur wenig ihrer Bestimmung, auf Strecken mit ungünstigen Krümmungsverhältnissen zu laufen. Man hat zwar die Achsen möglichst nahe aneinander gerückt und, nach der älteren Auffassung vom maßgebenden festen Radstande, die hintere Achse verschiebbar gemacht. Dies bewirkt jedoch ein weites Überhängen des langen Kessels und vermindert die Standfähigkeit. Durch die Verschiebbarkeit

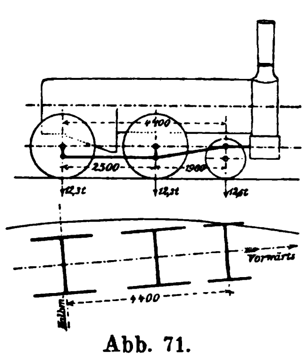


Abb. 71.
Normal-Personenzuglokomotive der k. preuß. Staatsbahnen.

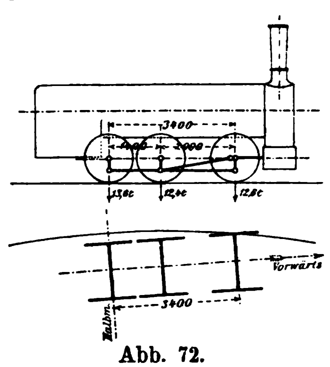


Abb. 72.
Normal-Güterzuglokomotive der k. preuß. Staatsbahnen.

der stark belasteten hinteren Achse wird nichts gebessert, sie läuft radial, der begriffliche Radstand ist gleich dem wirklichen. Die Maschine ist trotz ihres kürzeren Radstandes ungünstiger, als die steifachsige preußische Normal-Personenzuglokomotive. Dazu kommt noch eine sehr schädliche stoßweise Wirkung auf das Gleis durch das Herumwerfen der weit überhängenden Massen beim Einfahren in Krümmungen. Ließe man dagegen bei fester Anordnung der Hinterachse die zweite Achse sich seitlich verschieben, so daß sie, am äußeren Schienenstrange anlaufend, ihren Seitenschub unmittelbar durch den eigenen Spurkranz auf die Schiene übertrüge, dann würde wahrscheinlich, trotz des größeren festen Radstandes und des Anlaufens zweier Achsen, eine günstigere Wirkung auf das Gleis erzielt.

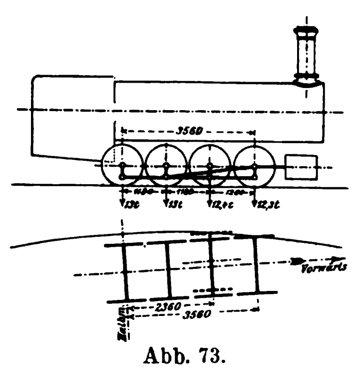


Abb. 73.

In gleicher Weise läßt sich bei Sechskupplern, deren Hinterachse Treibachse ist, die Mittelachse verschiebbar anordnen.

2) Zweiachsiges amerikanisches Drehgestell. Bei den Wagen läuft jedes Drehgestell wie ein zweiachsiges Fahrzeug für sich. Die erste und dritte Achse läuft an, die zweite und vierte steht radial, der begriffliche Radstand ist gleich dem äußerst geringen wirklichen Radstande der Drehgestelle und die Fahrzeuge sind daher zum Durchlaufen von Krümmungen vorzüglich geeignet.

Bei den amerikanischen Personenzugmaschinen mit vorderem Drehgestelle (Abb. 74) ist das Verhalten anders und überdies verschieden beim Vor- und Rückwärtsgange.

Vorwärtsgang. Die erste Achse schneidet außen an, die zweite und vierte stehen radial. Die Treibachse drängt nach außen, wirkt aber nur zur Hälfte auf

die Vorderachse, indem sich der von ihr herrührende Druckzuwachs auf die beiden Laufachsen gleichmäßig verteilt. Die Maschinen verkehren leicht und sicher in scharfen Krümmungen, selbst auf schwachen, schlecht liegenden Gleisen.

Rückwärtsgang. Es giebt in Amerika und England eine große Anzahl Tendermaschinen, welche unter dem Langkessel zwei feste, gekuppelte Achsen, hinter der Feuerbüchse unter dem Führerstande ein zweiachsiges Drehgestell haben und sohin im gewöhnlichen Betriebe mit den festen Achsen voraus laufen. Nach den aufgestellten Grundsätzen ergiebt sich nun sowohl für die Vorwärtsfahrt dieser, als für die Rückwärtsfahrt der gewöhnlichen amerikanischen Personenzuglokomotive, daß auch das hinten laufende Drehgestell einen günstigen Einfluß auf die Stellung des Fahrzeuges ausübt, indem es den begrifflichen Radstand der anschneidenden festen Achse wesentlich vermindert. Die Hinterachse des Drehgestelles entfernt sich wegen ihres geringen Radstandes nur wenig vom äußeren Schienenstrange; der Abstand vom

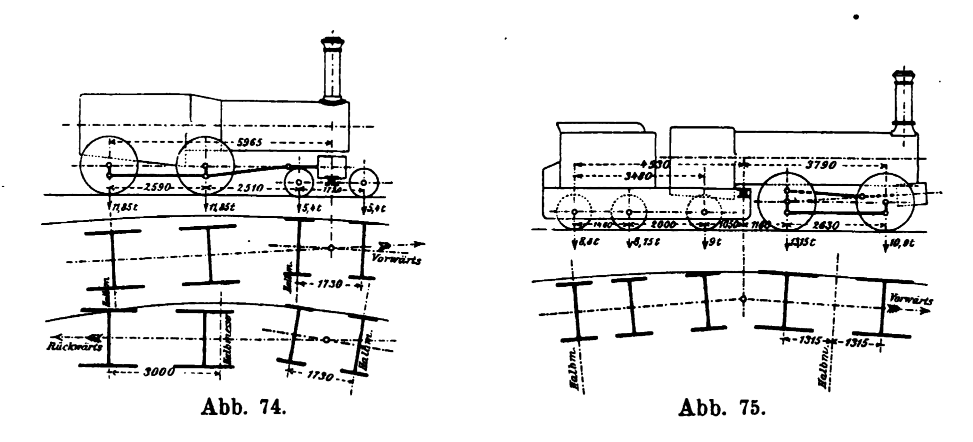


Abb. 74. Abb. 75.

Gestelldrehzapfen bis zur anlaufenden Kuppelachse steht folglich nahezu als Sehne in der Krümmung und der begriffliche Radstand dieser Achse ist annähernd gleich der Hälfte obiger Sehne. Eine an Stelle des Drehzapfens laufende feste Achse wäre also viel ungünstiger.

3) Feste Tenderkuppelung nach Engerth und anderen. Abb. 75. Kuppelungen dieser Art schließen eine seitliche Verschiebung zwischen Maschine und Tender aus und gestatten nur eine gegenseitige Drehung um einen bestimmten Punkt. Die feste Tenderkuppelung übt einen günstigen Einfluß auf den Spurkranzdruck der Maschinenvorderachse immer aus, sobald der Kuppelungspunkt hinter der Maschinenhinterachse liegt. Der Tender drängt in diesem Punkte nach außen und sucht, indem die Hinterachse der Maschine als Stützpunkt dient, die Vorderachse vom äußeren Schienenstrange abzudrängen. Die günstigste Lage des Kuppelungspunktes wird jene sein, bei welcher das Hinausdrängen des Tendervorderteiles stärker ist, als das Hereindrängen des Maschinenhinterteiles, so daß die Maschine in der Sehne zu laufen gezwungen und der begriffliche Radstand der Maschinenvorderachse verringert wird. Thatsächlich sind solche Maschinen als sehr gute Bogenläufer bekannt. Die Abbildung stellt eine Personenzugmaschine der österreichischen Staatseisenbahngesellschaft dar.

4) Freie Lenkachsen. Eine Lenkachse ist eine solche, welche um ein, durch ihre Mitte gelegtes Lot schwingen kann, und demgemäß eine radiale Ein-

[…] Man erreicht die erforderliche, sehr geringe […] ei Art und unterscheidet danach freie und […] sen. Bei den freien Lenkachsen (Abb. 76 […] iglich ein gewisser Spielraum zwischen den […] ihren Führungen. Der hintere Radsatz eines […] zeuges stellt sich dann von selber nach dem […] unkte ein. Für die richtige Einstellung einer […] ußen anlaufenden freien Lenkachse ist es […], daß der Laufkreis des äußeren Rades größer […] inneren. In Folge des Seitendruckes des […] des kommt nun dessen Laufkreis ganz in die […] n, so daß derselbe, auch bei nahezu cylindri- […] noch einen beträchtlich großen Durchmesser […] er die durch Wöhler empfohlene Flanschen- […] zeuges mit freien Lenkachsen im Bogen wird

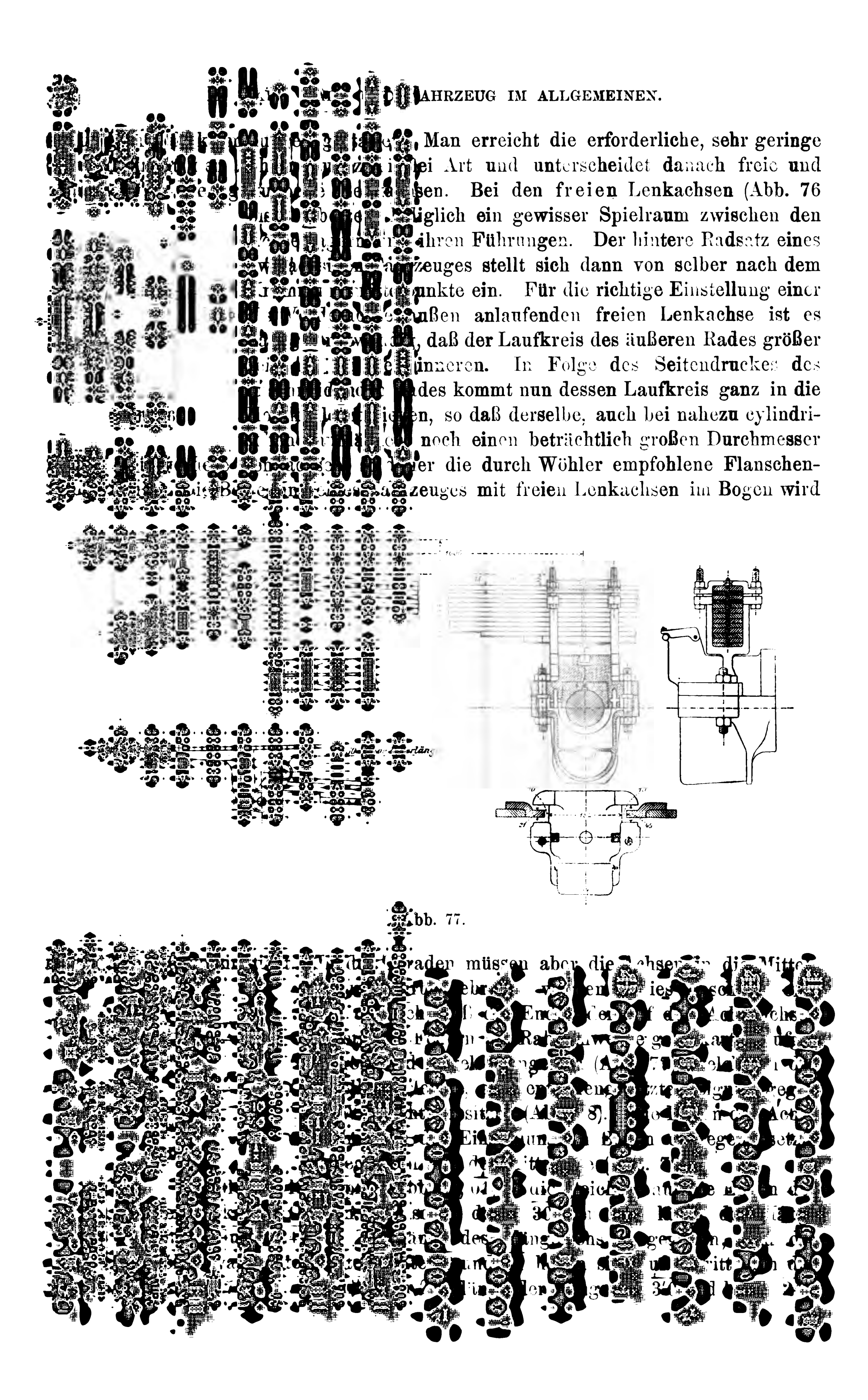


Abb. 77.

[illegible]

die wagrechte Seitenkraft $\overline{13'}$ bei I ist um $\overline{4'3'}$ größer als die wagrechte Seitenkraft $\overline{4'1}$ bei II und stellt, beim Übergange in die Gerade, das Laufwerk wieder auf die Mitte.

Bei dreiachsigen Fahrzeugen mit freien Lenkachsen muß die Mittelachse der Quere nach verschiebbar sein, und zwar nach § 129 der T. V. entsprechend einem Bogen von 180 m Halbmesser. Das Bremsen hat keinen beträchtlichen Einfluß auf die Richtigkeit der Einstellung freier Lenkachsen, und zwar ist dieser Einfluß noch geringer bei beiderseitigem, als bei einseitigem Bremsdruck. Weil aber die Achsen durch die Reibung auf den Schienen zurückgehalten werden, so müssen ihre Lager zwischen den Achshaltern hinreichendes Spiel haben, damit sie nicht zum Anliegen kommen.

Die Mittelstellvorrichtung wirkt offenbar um so kräftiger, je flacher die Lage und je geringer die Länge der Gehänge ist. Man wählt Neigung und Länge der Federgehänge so, daß die schwächeren Mittelstellvorrichtungen für größere, die stärkeren für kleinere Radstände in Anwendung kommen. Die Neigung muß bei leeren Wagen zwischen 30° und 60° liegen. Es läßt sich jedoch nachweisen, daß eine als Vorderachse laufende freie Lenkachse keinen Beharrungszustand erlangen kann, sondern um die radiale Stellung herumpendelt. Daher kommt die bei Fahrzeugen mit freien Lenkachsen erwiesene Neigung zum Schlingern. In scharfen Bahnkrümmungen kommt es vor, daß vordere freie Lenkachsen sich unvollkommen oder gar nicht radial stellen, während die Hinterachsen dies stets thun. Indessen, auch wenn die Vorderachse fest gelagert wäre, so würde auf sie eine hintere freie Lenkachse günstig wirken insofern, als sie ein Hinauslaufen des Hinterteiles des Fahrzeuges und hiermit eine der Sehne sich nähernde Stellung des Radstandes und eine Verkleinerung des Anschneidewinkels der Vorderachse zur Folge hat. Es ist klar, daß die Spurkranzabnutzung freier Lenkachsen bedeutend geringer sein muß, als die der festen Achsen, da die als Vorderachse laufende Lenkachse nur während eines Teiles der Gesamtzeit überhaupt anschneidet und sich ihr begrifflicher Radstand in den Zwischenzeiten um den Wert Null herum bewegt. Im Zusammenhange mit der geringeren Abnutzung wird eine beträchtliche Verminderung des Zugwiderstandes in Krümmungen erzielt, da die Räder auf richtigeren Laufkreisen rollen, als bei festen Achsen.

Die Bedingungen für die richtige Einstellung der Vorderachse sind um so weniger erfüllt, je kleiner der Krümmungshalbmesser im Verhältnisse zur Spurweite, je größer der Raddurchmesser und je schwächer die Radreifenkegelform, oder vielmehr je weniger geschickt die Form der Hohlkehlenkrümmung gewählt ist. Nicht anwendbar sind daher freie Lenkachsen bei vollspurigen Bahnen mit sehr scharfen Krümmungen, wie Trambahnen; dann bei Lokomotivlaufrädern von ungewöhnlich großem Durchmesser, von etwa 1,4 m, wie sie in England und Frankreich vorkommen. Wo aber gar die Möglichkeit eines stellenweisen Rollens der Räder auf den Spurkränzen vorliegt, sind Entgleisungen unausbleiblich.

Auf Grund ausgedehnter Versuche mit freien Lenkachsen auf den Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen und der Holländischen Eisenbahn in den Jahren 1888 und 1889 hat der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen[68]) die freien Lenkachsen für alle

[68]) Freie Lenkachsen für Zug-Geschwindigkeiten bis 90 km in der Stunde und für Wagen mit und ohne Bremsen. Ausgegeben von der Geschäftsführenden Verwaltung d. Ver. D. E. V. Berlin, im Jan. 1891.

Züge und Fahrgeschwindigkeiten zugelassen. Zur Beförderung des ruhigen Ganges bei großen Geschwindigkeiten trägt es bei, wenn der Radstand im Verhältnisse zur Kastenlänge möglichst groß gewählt wird.

5) Zwangläufige Lenkachsen. Die Hinterachse stellt sich infolge der größeren Unrichtigkeit der Laufkreise rasch ein und tritt in einen Beharrungszustand. Dieser Umstand ließ es zweckmäßig erscheinen, die beiden Achsen durch Gestänge so miteinander zu verbinden, daß sie sich nur gleichzeitig und in umgekehrter Richtung gegen den Hauptrahmen verstellen können[69]. Bei dreiachsigen Fahrzeugen wurde die Mittelachse mit den Endachsen so gekuppelt, daß letztere in radiale Stellung gebracht werden, wenn erstere in der Querrichtung sich verschiebt. Solche Bauarten nennt man gekuppelte oder zwangläufige Lenkachsen. Die bei Wagen mit gekuppelten Lenkachsen erzielten Schaulinien sind nach Volkmar's Versuchen vom Jahre 1892 unruhiger als bei freien Lenkachsen[70], und nach 1894 angestellten Versuchen[71] leisten freie Lenkachsen auch geringeren Widerstand als gekuppelte.

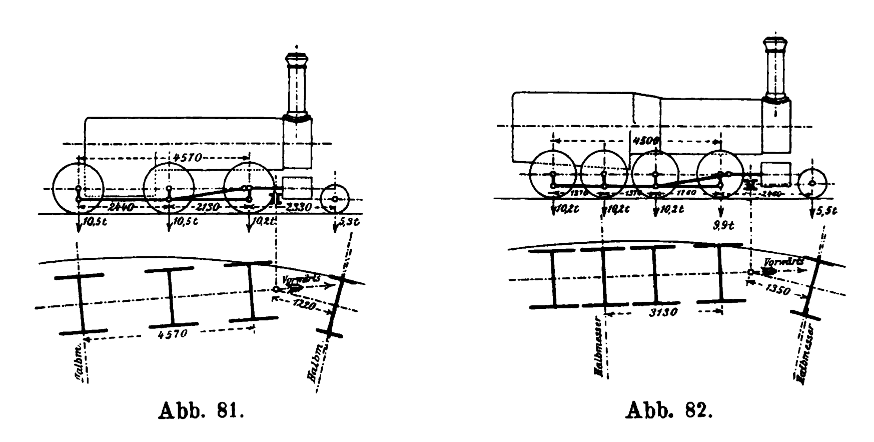


Abb. 81. Abb. 82.

Es dürfte sich indessen behaupten lassen, daß bei hinreichend kräftigem Gestänge, wo keinerlei störende elastische Formänderungen wahrnehmbar werden, ein vollkommen sicheres Einstellen der zwangläufigen Lenkachsen in die radiale Stellung und ein Beharren darin, daher tadellos ruhiger Gang zu erzielen sein werde. Bei Lokomotiven, wo die zwangläufige Einstellung vom Tender aus erfolgen muß und der Platz in der Regel ein sehr beschränkter ist, wird das erforderliche Gestänge und Hebelwerk meist ein etwas künstliches, wenigstens insofern es sich um Einstellung der Vorderachse handelt. Die Anordnung von lenkbaren Kuppelachsen, wie bei Klose's Radiallokomotive, ist nur unter Verzicht auf die Einfachheit des Treibwerkes möglich.

6) Einachsiges Deichselgestell nach Bissell, Adams'sche Achsbüchsen. Bei dieser Anordnung schwingt die Achse um einen, in gewissem Abstande hinter ihr am Hauptrahmen vorhandenen Drehpunkt, Abb. 81 und 82, macht also eine, aus seitlicher Verschiebung und gleichzeitiger Drehung zusammengesetzte Bewegung.

---

69) Siehe Volkmar, Lenkachsen, in der Encycl. d. Eisenbahnw., S. 2239; ferner: Die Vereinslenkachsen, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. XXIV bis XXIX.

70) Siehe Beilage zum Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1892.

71) Ausz. aus d. Prot. Nr. 56. d. Aussch. f. techn. Angel., Organ f. d. F. d. E. 1895, S. 141.

Die Achslager mit Bogenführung nach Adams, Roy und Webb sind kinematisch genau dasselbe; für sie gilt gleichermaßen alles, was über das Bissell-Gestell zu sagen ist.

Das vorlaufende Bissell-Gestell hat, wenn es so angeordnet und bemessen ist, wie in Amerika üblich, d. h. wenn die Deichsel kürzer ist, als die radiale Einstellung es verlangt und somit die Achse über die radiale Stellung hinaus verdreht wird, das Bestreben von der äußeren Schiene abzulaufen und gewährt dann den Vorteil, daß es das vordere Ende des Fahrzeuges vom äußeren Schienenstrange abzuziehen sucht und dadurch den führenden Spurkranz der ersten festen Achse wesentlich entlastet.

Für den Rückwärtsgang nützt das Bissell-Gestell nichts, erschwert ihn vielmehr etwas gegenüber festen Achsen. Maschinen nach Abb. 81 und 82 laufen vorwärts geräuschlos durch dieselben Krümmungen, in denen sie rückwärts gewaltig knirschen. Da das Bissell-Gestell zur eigentlichen Führung im Gleise nichts beiträgt, diese vielmehr ganz den festen Achsen überläßt, ist es vollständig am Platze nur bei solchen Maschinen, welche im regelmäßigen Betriebe vorwiegend mit dem Gestelle vorauslaufen und durch ihre festen Achsen eine hinreichend lange Führung im Gleise haben. Amerikanische Tendermaschinen haben häufig an jedem Ende ein Bissell-Gestell und sind dann auch für beide Fahrtrichtungen gleich geeignet. In Europa finden sich häufig sehr ungünstige Anordnungen, namentlich bei dreiachsigen Maschinen mit zwei gekuppelten Achsen und einer Bissell-Achse, bei denen schwere Teile, wie Cylinder oder Kohlenbehälter, noch weit über die letztere hinausragen. Solche Maschinen werden trotz ihrer Gelenkigkeit schädlich für das Gleis sein, da bei ihnen ein Herumschleudern der überhängenden Enden und ein stoßweises Einstellen der Bissell-Achse eintreten muß, namentlich wenn die Lastübertragung durch geneigte Gleitflächen geschieht, welche schwer in guter Schmierung zu erhalten sind und eine große Reibung der Ruhe haben. Andere Mittelstellvorrichtungen bestehen darin, daß man die Belastung mittels schräger Pendel oder auf geneigten Ebenen laufender Rollen auf das Gestell überträgt, oder seitlich Federn anbringt, welche zusammengedrückt werden, sobald das Gestell die mittlere Lage verläßt.

7) Verknüpfungen. Durch Verknüpfungen der behandelten bekannten Mittel lassen sich die Abnutzungsverhältnisse gegebener Fahrzeuge wesentlich verbessern, wie an zwei Beispielen gezeigt werden soll:

a. Gütermaschine mit geradlinig verschiebbarer Achse und Lenkachse (Abb. 83). Wären alle Achsen fest gelagert, so würde, wegen der geringen Belastung der Hinterachse, die dritte Achse radial laufen. Durch etwaige Verschiebbarkeit der Hinterachse würde hieran nichts geändert. Ordnet man aber die Laufachse als Lenkachse an, und zwar entweder als freie oder — besser — als mit dem Tender verbundene zwangläufige Lenkachse, und wählt man die Verbindung so, daß die Achse noch am äußeren Schienenstrange anlaufen muß und den Radstand der Maschine in die Sehnenstellung zwingt, dann geht der begriffliche Radstand bis auf 2,5 m herab. Macht man ferner die zweite Achse um so viel verschiebbar, daß sie außen anlaufen kann und ihren Seitenschub unmittelbar auf den Schienenstrang überträgt, so wird, wie aus dem Grundrisse Abb. 83 zu erkennen, die Treibachse, nach innen drängend, die erste und vierte Achse entlasten.

b. Durch die Verknüpfung einer verschiebbaren Achse mit einem Drehgestelle lassen sich dreiachsige Maschinen mit zwei gekuppelten und einer Laufachse zu

guten Bogenläufern machen, und zwar sowohl für Vorwärts- als für Rückwärtsfahrten und ohne Beeinträchtigung des ruhigen Ganges. Diese, der Lokomotivfabrik Krauss & Co., Akt.-Ges. in München eigene Bauart (D. R. P. Nr. 43181 vom 5. Mai 1888 und Nr. 57886 vom 28. Juli 1891) wird durch Abb. 84 versinnlicht. Die mit der fest gelagerten Treibachse gekuppelte Mittelachse kann sich in ihren Achslagerführungen seitlich verschieben, und es ist die Einrichtung getroffen, daß dabei das Deichselende des einachsigen Drehgestelles mitgenommen und letzteres um seinen Zapfen in annähernd radiale Stellung gedreht wird. Wie der Grundriß zeigt, läuft bei der Vorwärtsbewegung die Treibachse, bei der Rückwärtsfahrt die Laufachse

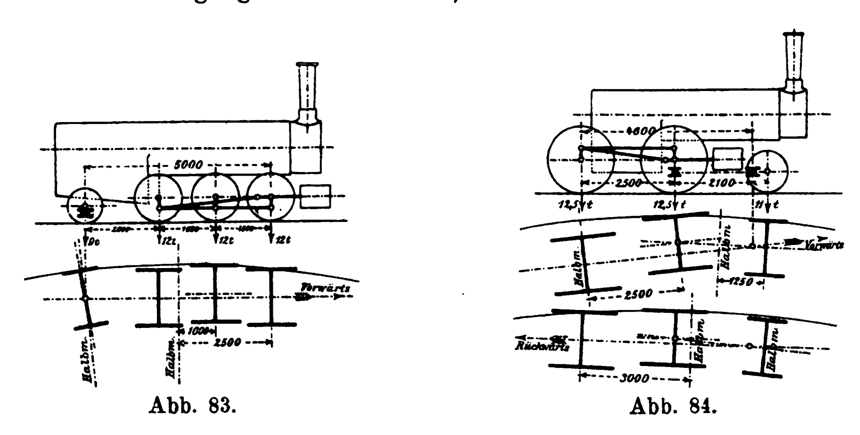


Abb. 83. Abb. 84.

radial. Die Anordnung eignet sich für Tendermaschinen, welche gleich viel vor- und rückwärts laufen müssen, läßt sich aber ebensowohl auf vierachsige Maschinen mit drei gekuppelten Achsen und auf fünfachsige mit vier gekuppelten Achsen anwenden. Im letzteren Falle ist die erste oder die zweite Kuppelachse mit der Laufachse gelenkig verbunden. Die begrifflichen Radstände der am stärksten anschneidenden Achsen werden dabei niemals größer als der Radstand der gekuppelten Achsen. Es lassen sich daher nach diesem Grundsatze sehr lange, standfähige Maschinen herstellen, welche in Krümmungen nicht ungünstiger sich verhalten, als ein Fahrzeug, welches nur die gekuppelten Achsen hätte. Bis zum Dezember 1895 hatte die Fabrik bereits 165 Lokomotiven für die verschiedensten Spurweiten nach dieser Bauart ausgeführt, und selbst vollspurige mit fünf Achsen und einem Gesamtradstande von 7 m durchlaufen anstandslos Bögen von 180 m Halbmesser.

Dritter Abschnitt.

Anordnung und Gestaltung der Bahn in Krümmungen und Geraden.

§ 18. Allgemeines. — Hand in Hand mit den, am Schlusse des vorigen Abschnittes besprochenen, auf die Fahrzeuge bezüglichen konstruktiven Mitteln zur Erhöhung ihrer Dauer und Leistungsfähigkeit, sowie der Sicherheit des Betriebes müssen, wenn der volle Erfolg ermöglicht sein soll, auch bei Anordnung und Gestaltung der Fahrbahn bestimmte, wissenschaftlich festgestellte und durch die Erfahrung erprobte Grundsätze zur Geltung kommen.

Die Achse jedes Verkehrsweges setzt sich bekanntlich aus Geraden und Bögen zusammen. Die Geraden bilden, verlängert, einen gebrochenen Linienzug; die Bögen schließen sich an die Geraden berührend an, runden die Ecken ab und vermitteln so den Übergang aus einer Richtung in die andere. Hiezu dienen nun fast ausschließlich Kreisbögen, weil diese von allen sich am leichtesten aufzeichnen, abstecken und ausführen lassen.

Beim Übergange aus einer geraden Strecke in einen, dieselbe berührenden Kreisbogen erfahren aber die Eisenbahnfuhrwerke einen Stoß, der um so heftiger und nachteiliger wird, je größer die Fahrgeschwindigkeit und je schärfer der Bogen. Dieser Stoß rührt davon her, daß der Übergang aus der geradlinigen Bewegung in die krummlinige kein stetiger sondern ein plötzlicher ist, indem der Krümmungshalbmesser der Bahn vom Werte ∞ unvermittelt in einen endlichen Wert überspringt. Diese Erkenntnis ist fast so alt, wie das Eisenbahnwesen selbst und hat von Anfang an Vorschläge hervorgerufen, um den Übergang aus der Geraden in den Bogen zu mildern. Während man aber von der einen Seite (z. B. auf vielen amerikanischen Bahnen) es den Oberbaulegern überließ und teilweise noch überläßt, einfach nach ihrem Augenmaße, das allerdings zu einer erstaunlichen Empfindlichkeit ausgebildet zu sein pflegt, den Übergang zu bewerkstelligen, haben Andere die Frage wissenschaftlich behandelt. Dabei konnte es nicht fehlen, daß mancher Vorschlag, in der guten Meinung, durch Annäherungen dem ausübenden Ingenieur die Anwendung zu erleichtern, von der theoretisch richtigen Lösung abirrte, obwohl letztere, wie man später erkannte, auch meist die für den praktischen Gebrauch geeignetste ist. Wir werden uns mithin darauf beschränken, einen Mittelweg zu weisen, der hauptsächlich darauf hinausläuft, daß man: 1) keine Maße vorschreibe, die sich nicht auftragen und noch weniger bei Bau und Betrieb einhalten lassen; 2) kein Verfahren empfehle, welches die Durchführung der Bauarbeiten erschwert, ohne dafür ein entsprechend

besseres Ergebnis zu liefern, und 3) es dabei bewenden lasse, die theoretisch richtige Kurve durch möglichst wenige, aber geschickt gewählte Hauptpunkte festzulegen, deren stetige Verbindung aber dem geübten Auge des Oberbaulegers anheimzustellen. Alle sogenannten Annäherungen, wie z. B. die Zusammensetzung der Übergangskurve aus einer Folge kurzer, gegen die Gerade hin immer flacher werdender Kreisbögen, zur vermeintlichen Erleichterung des Schienenbiegens, sind ohne praktischen Wert.

Das Eisenbahnfahrzeug wird, nachdem es schon in den Bogen eingefahren ist, fortwährend mit dem vorderen Laufwerke gegen den äußeren Schienenstrang drängen und müßte entgleisen, wenn nicht der Spurkranz gehörig widerstände. Dies Drängen nach außen ist, wie im vorigen Abschnitte ausführlich dargethan wurde, zunächst darauf zurückzuführen, daß die Wagenachsen parallel sind und daher die Räder in gerader Richtung fortlaufen wollen. Die etwaige Kegelform der Räder ändert hieran, wie wir gesehen haben, fast nichts, und das Bestreben des Wagens, aus dieser einen Ursache vom Bogen abzuirren, wird wahrscheinlich um so größer sein, je größer die Belastung der Räder, je schärfer die Krümmung und je beträchtlicher die Fahrgeschwindigkeit. Dazu kommt aber noch beim Durchfahren des Bogens die sogenannte Wirkung der Fliehkraft. Durch richtig geformte Spurkränze wird zwar, wie die heute vorliegenden Erfahrungen lehren, die Gefahr einer Entgleisung nahezu völlig beseitigt; allein unter je größerem Drucke die Spurkränze an den Schienen schleifen, desto mehr nutzen beide sich ab. Es handelt sich also darum, das Drängen der Wagen nach außen in gekrümmten Bahnstrecken thunlichst abzumindern; und zwar nicht blos aus Sicherheitsrücksichten, wie man früher ausschließlich annahm, sondern vielmehr um die Abnutzung auf einen Kleinstwert zu bringen. Wenn man letzteres erreicht, so wird auch der Sicherheit erfahrungsgemäß genügt. Man erzielt dies einerseits durch die im § 17 besprochenen Vorkehrungen, anderseits aber noch durch Höherlegen des äußeren Schienenstranges, wodurch eine radial nach innen gerichtete Seitenkraft der Schwerkraft geschaffen wird.

Der Übergang eines Gleises aus der Geraden in den Bogen muß demnach sowohl in wagrechtem als in lotrechtem Sinne vermittelt werden, d. h. zugleich mit einer stetigen Änderung der Krümmung muß eine allmähliche Änderung der gegenseitigen Höhenlage der beiden Schienenstränge, die natürlich in der Geraden gleich hoch liegen, vor sich gehen. Wir haben somit gleichzeitig einen Übergangs*bogen* und eine Übergangs*neigung* in Anwendung zu bringen, und beide stehen offenbar in innigem Zusammenhange. Die Überhöhung des äußeren Schienenstranges beginnt naturgemäß dort, wo die Übergangskurve den Halbmesser gleich ∞ hat oder doch mit einem Krümmungshalbmesser an die Gerade sich anschließt, der groß genug ist, um eine Überhöhung überflüssig zu machen, und letztere nimmt dann zu, entsprechend dem abnehmenden Krümmungshalbmesser der Übergangskurve, bis sie an deren Ende jenen Wert erreicht, der dem Kreisbogen zukommt.

Ist daher die Überhöhung auf ein zulässiges Maß beschränkt, so erscheint auch die größte anwendbare Länge von Übergangskurven als gegeben, sobald man ein Gesetz angenommen hat, nach welchem die Überhöhung verlaufen soll. Setzt man z. B. fest, die Überhöhung dürfe nicht mehr als 125 mm betragen und der Übergang solle überall mittels einer gleichmäßigen Steigung von 1 : 200 (T. V. § 7[5]) erfolgen, so wird die Übergangskurve höchstens 25 m lang werden. Es sollen nun zunächst die Schienenüberhöhung und darauf die Übergangskurven besprochen werden.

§ 19. Überhöhung des äufseren Schienenstranges in Bögen[72]. — Es bezeichne G das Gewicht des Wagens, C die Fliehkraft, β den, der Überhöhung h des äußeren Schienenstranges entsprechenden Neigungswinkel, s die Spurweite, so kann man (s. Abb. 85) die Bedingung, daß kein übermäßiges Drängen nach außen stattfinde und die beiden vorhin erwähnten Ursachen jenes Drängens thunlichst aufgehoben werden, ausdrücken durch

$$G \sin \beta > C \cos \beta$$

oder, da der Winkel β stets so klein, daß $\cos \beta$ nahezu gleich Eins ist, einfach durch

Abb. 85.

$$G \cdot \frac{h}{s} > C \qquad (1)$$

Drückt m die Masse des Eisenbahnfuhrwerkes, r den Halbmesser des Bogens, v die Fahrgeschwindigkeit in Meter auf die Sekunde aus, so ist

$$C = \frac{mv^2}{r},$$

wodurch die Bedingung (1) übergeht in

$$\frac{h}{s} > \frac{v^2}{gr} \qquad (1\,A)$$

g bedeutet die Beschleunigung der Schwere. Es ist nur die Frage, welcher Wert für die Geschwindigkeit v zu nehmen sei. Bemißt man, wie dies gewöhnlich geschah, die Überhöhung des äußeren Schienenstranges nach der größten, auf der Strecke vorkommenden Fahrgeschwindigkeit, so hat dies allerdings zur Folge, daß bei den Eilzügen die Abnutzung gering wird. Für alle übrigen Züge aber ist erfahrungsgemäß diese Überhöhung zu groß, denn es tritt eine, mit abnehmender Fahrgeschwindigkeit wachsende Abnutzung am inneren Schienenstrange auf. In Deutschland und Österreich hat sich (nach v. Leber, Übergangskurven u. s. w. im Verordnungsblatt des k. k. Hdls.-Min., Wien 1890, S. 1554) die Gepflogenheit eingebürgert, für Hauptbahnen eine „mittlere" Fahrgeschwindigkeit von 64 km/Stunde in Rechnung zu bringen, so daß

$$h = \frac{48000}{r} \text{ Millimeter.}$$

Daß dies nicht allenthalben dem Bedürfnisse entsprechen konnte, ist natürlich.

Man müßte also von Fall zu Fall einen Mittelwert v_0 der Fahrgeschwindigkeit zu finden trachten, welcher der Ungleichung (1 A) entspräche, dergestalt, daß die Abnutzung unter gegebenen Betriebsverhältnissen am kleinsten würde.

Man erhielte dann für die betreffende Bahn die Bestimmungsgleichung

$$h = \frac{s v_0^2}{gr} = \frac{K}{r} \qquad (2)$$

wo K einen Festwert bezeichnet, der aber keineswegs allgemeine, sondern nur eine, auf den bestimmten Fall beschränkte Giltigkeit besitzt.

Die Bestimmung von v_0 aber könnte geschehen nach der Gleichung

$$v_0 = \frac{\alpha_1 \gamma_1 v_1 + \alpha_2 \gamma_2 v_2 + \alpha_3 \gamma_3 v_3 + \cdots}{\alpha_1 \gamma_1 + \alpha_2 \gamma_2 + \alpha_3 \gamma_3 + \cdots} \qquad (3)$$

[72]) Siehe auch Goering, Schienenüberhöhung, in der Encycl. d. Eisenbw., S. 2888; sowie Kreuter, Zur Frage der Schienenüberhöhung, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1896, S. 73.

worin α die verhältnismäßige Anzahl auf der betreffenden Linie jährlich verkehrender Züge bestimmter Gattung, v deren durchschnittliche Geschwindigkeit, γ eine Erfahrungszahl oder das „Gewicht" bedeutet, womit jede Fahrgeschwindigkeit und Zuggattung in Anrechnung zu bringen ist.

Z. B. man hätte mit Eilzügen, Personenzügen und Güterzügen zu thun, und es wäre

$$\alpha_1 : \alpha_2 : \alpha_3 = 1 : 3 : 15\,;$$

ferner

$$v_1 = 20\,; \quad v_2 = 15\,; \quad v_3 = 8\,;$$

und die angestellten Beobachtungen der Schienenabnutzung hätten ergeben

$$\gamma_1 = 8\,, \quad \gamma_2 = 4\,, \quad \gamma_3 = 1\,.$$

Dann wäre

$$v_0 = \frac{1 \cdot 8 \cdot 20 + 3 \cdot 4 \cdot 15 + 15 \cdot 1 \cdot 8}{1 \cdot 8 + 3 \cdot 4 + 15 \cdot 1} = 13{,}15 \text{ m}$$

und für Vollspur ($s = 1{,}5$)

$$K = \frac{1{,}5 \cdot 13{,}15^2}{9{,}81} = 26{,}4 \text{ (Meter als Einheit)}$$

oder

$$h = \frac{26400}{r} \text{ Millimeter.}$$

Es wäre vielleicht möglich, daß durch Stellung zweckmäßiger Fragen im Vereine Deutscher Eisenbahnverwaltungen Angaben gewonnen werden könnten, um danach die Erfahrungszahlen γ zu berechnen. Ein aufmerksamer Bahningenieur würde dann bald herausfinden, ob er die, nach der richtigeren Berechnungsweise gefundenen Überhöhungen auf seiner Strecke zu ermäßigen oder zu vergrößern habe. Darüber wird man überhaupt nie hinauskommen, und unbedingtes Befolgen einer starren Schablone würde hier eben so wenig, wie auf einem anderen Gebiete der Ingenieurkunst, sich als ersprießlich erweisen. Entspricht aber die ursprünglich angebrachte Überhöhung einem Mittelwerte von v, dann werden die erforderlichen Nachbesserungen wahrscheinlich geringfügiger und deshalb wohlfeiler sein, als wenn man von einer mehr willkürlichen Annahme ausgeht.

Die Zahlen γ werden, wie sich zeigen dürfte, wahrscheinlich abhängig sein von der Achsenzahl, der Geschwindigkeit, dem Treibraddrucke und dem Treibraddurchmesser. Da indessen die Vereinsbahnen ziemlich übereinstimmende Fahrzeuge und Lokomotiven verwenden, so vereinfacht sich die Sache wesentlich.

Von mehreren Seiten wird der Vorschlag gemacht, die Schienenüberhöhung nach einer Gebrauchsformel

$$h = m\,\frac{v}{r}$$

zu bemessen, wo m eine Erfahrungszahl und v die größte, auf der Strecke vorkommende Fahrgeschwindigkeit bezeichnet. Für m pflegt man 500 oder 700 zu setzen. Man will mit dieser Formel den Vorteil erreichen, daß die leicht festzustellende größte Fahrgeschwindigkeit in der betreffenden Krümmung zu Grunde gelegt und gleichwohl dem überwiegenden Einflusse der langsamer fahrenden Züge Rechnung getragen werden könne. Immerhin aber bleibt die erste Potenz von v bedenklich. Eingehende Mitteilungen über den Stand dieser Angelegenheit im Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen finden sich im 4. Kapitel.

Die Berechnung der Schienenüberhöhung erfolgt in England und Amerika ebenso wie bei uns, nach dem Ausdrucke (1A). Die Anbringung der sich als nötig erweisenden Verbesserungen bleibt von Fall zu Fall dem Bahningenieur überlassen. Auf gewissen Strecken der Londoner Stadtbahn findet sich, wegen der vorkommenden Kreuzungen, gar keine Überhöhung; doch sind längs der inneren Bogenschiene Streichschienen angeordnet. In Weichenbögen läßt sich eine Überhöhung überhaupt nicht wohl anwenden, und sie kann daselbst auch nach den T. V. § 39 [2] unterbleiben. Eine Zusammenstellung auf Vereinsbahnen üblicher Schienenüberhöhungen nebst kurzen Berichten findet sich im IX. Erg.-Bd. d. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1884, von S. 50 angefangen. Die größte Schienenüberhöhung wendet demnach die K. E.-D. Köln (linksrh.) an, nämlich 225 mm in den mit 75 km stündlicher Geschwindigkeit durchfahrenen Bögen von 200 m Halbmesser. Die sächs. Staatsbahn, auf welcher die größte Fahrgeschwindigkeit 65 km, der kleinste Halbmesser 550 m beträgt, gestattet höchstens 94 mm Überhöhung, schreibt aber (S. 61) eine Ermäßigung der Geschwindigkeit in den scharfen Bögen vor.

Die größte auf amerikanischen Bahnen angewandte Schienenüberhöhung[73]) beträgt etwa acht Zoll (203 mm). Manche Bahnen beschränken sie auf sechs Zoll (152 mm). Die Berechnung der Überhöhung erfolgt durch Einsetzung der Größtgeschwindigkeit für v_0 in Gleichung (2). Die Abnutzung von Rad und Schiene infolge so starker Überhöhung scheint indessen sich in Amerika weniger geltend zu machen, als bei uns, was nur dem Einflusse der kurzen festen Radstände an den Drehgestellen, womit alle Fuhrwerke versehen sind, zugeschrieben werden kann. Die Abnutzuug muß jedenfalls bedeutend zunehmen, in dem Maße als der feste Radstand der Fuhrwerke größer und die Stellung derselben im Bogen ungünstiger wird[74]). Dem wird durch die Schienenüberhöhung allein kaum abzuhelfen sein.

Was nun die Ausführung der Überhöhung des äußeren Schienenstranges betrifft, so sind zunächst folgende Bestimmungen des § 7 der T. V. anzuführen:

[3] In Krümmungen soll der äußere Schienenstrang mit Berücksichtigung der auf der betreffenden Bahnstrecke vorkommenden Fahrgeschwindigkeiten und der bestehenden Verkehrs- und Anlageverhältnisse um so viel höher als der innere gelegt worden, daß von den Rädern ein thunlichst geringer Angriff auf die Schienen ausgeübt wird.

[4] Die Überhöhung des äußeren Schienenstranges soll im Anfangspunkte des Kreisbogens — also da, wo Übergangsbögen vorhanden sind, am Berührungspunkte der letzteren mit dem Kreisbogen — voll vorhanden sein.

[5] Die Überhöhung muss auf eine jeweilig nach der größten Fahrgeschwindigkeit zu bemessende Länge auslaufen, welche mindestens das 200fache der Überhöhung beträgt.

[6] Wenn zwischen zwei benachbarten, im gleichen Sinne liegenden Bögen eine gerade Linie von weniger als 40 m Länge liegt, so soll die Gleisüberhöhung auch in der Geraden durchgeführt werden.

Während also die T. V. eine Übergangsneigung von mindestens 1:200 vorschreiben, ist in England, nach Froude's Vorschlag, 1 : 300 ziemlich allgemein.

---

73) Wellington, a. a. O., S. 298.

74) Siehe hierüber unter Spurerweiterung.

Vereinsbahnen haben häufig 1:250 angenommen. Der Einfachheit halber läßt man stets den Übergang so vor sich gehen, daß er in der Abwickelung einer gleichmäßig ansteigenden Geraden folgt, wobei jedoch am Nullpunkte ein einspringender Gefällsbruch entsteht.

Nach § 27² der T. V. sind aber Neigungswechsel mittels möglichst flacher Bögen abzurunden, und der Halbmesser dieser Bögen sollte nicht unter 5000 m betragen. Hienach müßte also auch die Übergangsstrecke in der Abwickelung S-förmig verlaufen. Man sieht jedoch immer davon ab und bleibt bei der Annahme eines geradlinigen Verlaufes der Linie, obschon beim Legen und Erhalten des Oberbaues Abrundungen der Neigungswechsel nach dem Augenmaße allemal zur Ausführung gelangen[75].

Wenn ein nicht zu überschreitender Größtwert für h festgesetzt wird, so ist damit ausgesprochen, daß in solchen Bögen, wo rechnungsmäßig eine größere Überhöhung vorhanden sein müßte, die Fahrgeschwindigkeit entsprechend zu ermäßigen sei. Am günstigsten wäre es wohl, die Überhöhung auf beide Schienen zu verteilen, indem man die äußere höbe, die innere senkte, so daß der Schwerpunkt des Fahrzeuges beim Einfahren in den Bogen die Höhenlage über dem Gleise beibehielte, welche er in der Geraden besaß.

Abb. 86.

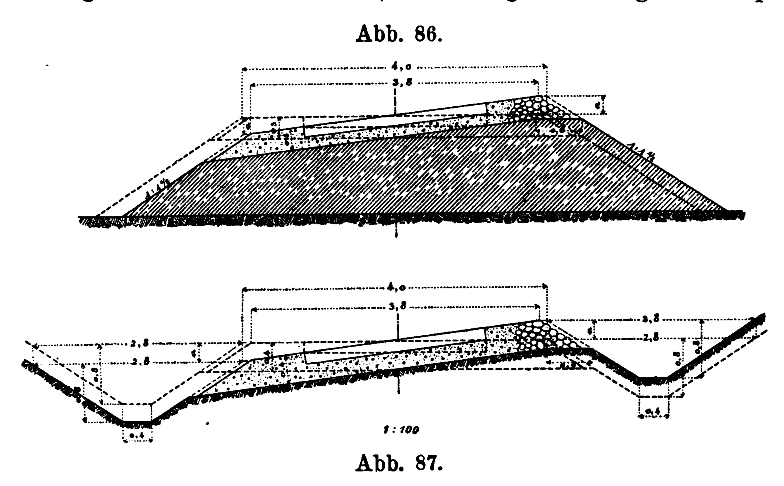


Abb. 87.

Beim Bau der österreichischen Nordwestbahn ist diesem Grundsatze gemäß die Überhöhung auf beide Schienen je zur Hälfte übertragen und in Bögen die Unterbaukrone, unter Beibehaltung der Achse, mit entsprechender Neigung nach innen hergestellt worden. Die Abb. 86, 87, 88 führen Beispiele aus den Musterplänen genannter Bahngesellschaft vor Augen. Für die Ausführnng des Unterbaues, namentlich auf den gebirgigen Strecken des Bahnnetzes, wo ein scharfer Bogen sich an den anderen reihte, hat indessen die vorherrschende Unebenmäßigkeit des Bahnkörperquerschnittes sich als äußerst lästig erwiesen. Eine fast noch größere Unzukömmlichkeit hat jedoch diese Anordnung für die Bahnerhaltung, weil in den Bögen

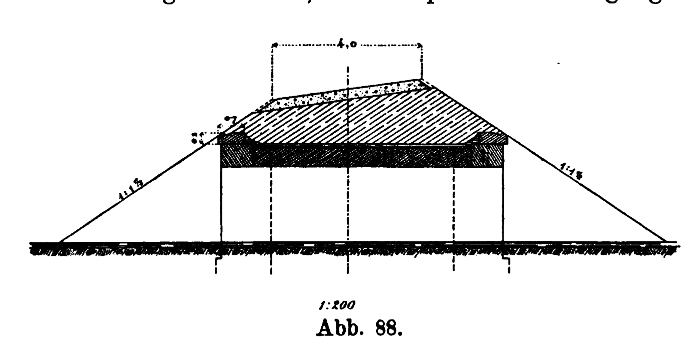


Abb. 88.

75) Siehe hierüber im V. Kapitel.

jeder feste Anhaltspunkt für die vorhanden sein sollende Schwellenhöhe, als welcher sonst die innere Schiene dient, verloren geht.

Zur richtigen Festsetzung der Schienenüberhöhung gleich von Anbeginn müßten Erfahrungen vorliegen. Bei Neubauten wird man stets auf Schätzungen mehr oder weniger angewiesen und dann möglicher Weise zur Vornahme von Verbesserungen nach Maßgabe der Entfaltung des Betriebes genötigt sein. Meist kann man sich aber alsdann — wofern man nicht durch im Bogen liegende offene Kunstbauten irgendwie behindert ist — auf eine Hebung oder Senkung beschränken, ein seitliches Verrücken des Gleises dagegen vermeiden, so daß nur die Übergangssteigung, nicht aber die Übergangskurve geändert wird.

§ 20. Übergangskurven. — Zur Bewerkstelligung eines sanften Überganges aus der Geraden in den Bogen giebt es zwei Wege. Der eine, vom englischen Ingenieur Gravatt bereits 1828 oder 1829 vorgeschlagen[76]), beruht auf Anwendung der Sinuskurve anstatt des Kreises. Nach dem anderen Vorschlage wird der Kreis, auf dessen Vorteile schon im § 18 hingewiesen ist, für den größten Teil der Bogenlänge beibehalten, jedoch an seinen Enden mit kurzen Bogenstücken von stetig veränderlicher Krümmung versehen.

Die ersten Lösungen der zuletzt genannten Aufgabe dürften gleichzeitig von deutschen und englischen Ingenieuren zu Anfang der 50er Jahre gefunden worden sein.

Schmiedl faßte die gemeine Parabel als Übergangskurve ins Auge[77]). Wilhelm Pressel[78]) aber legte bei der schweizerischen Centralbahn „zwischen die Kreisbögen und die geraden Linien Kurven von entsprechenden Längen (150 bis 250 Fuß), welche dort, wo sie den Kreis berühren, dessen Halbmesser als Krümmungshalbmesser, und in dem Punkte, wo sie die Gerade berühren, einen Krümmungshalbmesser von größerem Werte besitzen und deren Krümmung zwischen diesen beiden Punkten eine stetig abnehmende ist“. William Froude dagegen bediente sich einer, der elastischen Linie ähnlichen Kurve, die jedoch erst 1860 öffentlich besprochen wurde[79]).

Pressel ließ seine Übergangskurve an die Gerade mit einem endlichen Werte ihres Krümmungshalbmessers sich anschließen; der Übergang aus der Geraden in den Übergangsbogen war also strenggenommen kein stetiger, sondern Pressel hielt es für ausreichend, wenn der größte Krümmungshalbmesser in dem, in erwähnter Abhandlung mitgeteilten Beispiele rund 48000 Schweizer Fuß oder 14 400 m betrug. Dieser erste Pressel'sche Übergangsbogen war überdies aus einer Folge von Kreisbögen mit immer kleiner werdenden Halbmessern zusammengesetzt, also ein Korbbogen, und war in ähnlicher Form noch zu Anfang des Jahres 1867 für den Bau der Pusterthalbahn durch Pressel in Aussicht genommen. Allein schon damals beschäftigte sich Pressel mit der kubischen Parabel, welche dann auch im Mai desselben Jahres für die genannte Bahn vorgeschrieben wurde.

Gleichzeitig hatte Wilhelm Nördlinger, damals Oberingenieur der Orleansbahngesellschaft, die Aufgabe im selben Sinne gelöst, und die gründliche wissen-

[76]) Rankine, On Railway-Curves, The Engineer, 1861.

[77]) Zeitschr. d. österr. Ing. Ver. 1852.

[78]) Siehe dessen Abhandlung vom 17. Okt. 1854 in Nr. 44 des XII. Jahrganges der Eisenbahnzeitung von Etzel und Klein, S. 173.

[79]) Transactions of the Institution of Engineers of Scotland, vol. IV, 1860—61.

schaftliche Abhandlung[80]), welche er im XIV. Bande der Ann. d. p. et ch. 1867 darüber veröffentlichte, ist seither allgemein zur Grundlage genommen worden. Nördlinger führt übrigens seine Arbeit auf eine Anregung zurück[81]), die Chavès schon 1865 in den Mémoires de la Société des Ingénieurs civils gegeben. Chavès hatte die Gleichung der Übergangskurve bereits aufgestellt, war aber aus unberechtigten Bedenken gegen ihre Anwendbarkeit zu schwerfälligen Annäherungen übergegangen.

Auf sehr ausführliche Weise ist die Aufgabe zuerst durch Helmert[82]) in einem viel verbreiteten Werkchen und jüngst durch v. Leber in Nr. 102 des „Verordnungsblatt des k. k. Handelsministeriums für Eisenbahnen und Schiffahrt“, 1890, behandelt worden.

Im Nachfolgenden soll jedoch die Sache möglichst einfach, im Hinblick auf die Bedürfnisse des ausübenden Ingenieurs, vorgetragen werden.

Es ist ohne Weiteres klar, daß Übergangskurven um so wichtiger sind, je schärfer der auf die Gerade folgende Kreisbogen und je größer die Fahrgeschwindigkeit; daß sie unerläßlich sind, wo Kreisbögen entgegengesetzten Sinnes unmittelbar auf einander folgen; daß sie aber anderseits bei Kreisbögen von hinreichend großen Halbmessern sowohl, als auch bei unmittelbar aufeinander folgenden Kreisbögen von gleichem Sinne unter Umständen entbehrlich werden.

Besonderes Augenmerk soll auf jene Aufgaben über die Absteckung von Übergangsbögen gerichtet werden, welche bei Neubauten in Betracht kommen. Daß es nicht dem geringsten Anstande unterliegt, die Übergangskurven sofort bei Festlegung der endgiltigen Linie abzustecken, und den Bau danach auszuführen, ist seit mehr als vierzig Jahren bei Arbeiten in schwierigstem Gelände bewiesen worden: Schweizerische Centralbahn 1853; Brennerbahn 1862; Pusterthalbahn 1867; österreichische Nordwestbahn 1868 u. s. w. Beim Einzeichnen der Linie in kleinere Lagepläne (z. B. Maßstab 1 : 2500) kann man die Übergangskurven nicht darstellen. Man muß jedoch gleichwohl von vorne herein über die Längen der Übergangsbögen im Reinen sein, um zu wissen, welchen Abstand man zwischen den benachbarten Enden von zwei auf einander folgenden Kreisbögen mindestens einzuhalten habe, damit die Linie sich mit den gehörigen Übergangskurven aus dem Plane auf's Gelände übertragen lasse.

Man nennt daher den Abstand zwischen zwei benachbarten Kreisbögen, ohne Rücksicht auf Ubergangsbögen, auch „Zwischengerade“ schlichtweg, und die in den Längenschnitten (Längenprofilen) angegebenen Längen der „Geraden“ sind stets so zu verstehen. Wenn der Abstand zwischen zwei benachbarten Kreisbögen von gleichem Sinne eine geringere Länge besitzt, als für die entsprechenden Übergangskurven nötig wäre, so ersetze man die Zwischengerade durch einen dritten, flachen Kreisbogen, der womöglich so lang ist, daß unter Einhaltung der vorgeschriebenen Übergangssteigung die „Überhöhung“ des flachen Bogens in die des schärferen sich überführen läßt.

Zuweilen gestatten die Geländeverhältnisse nicht, zwei gegebene Gerade durch einen einzigen Kreisbogen zu verbinden, sondern man muß deren mindestens zwei von verschiedenen Halbmessern zu einem Korbbogen aneinander reihen. Man

---

[80]) Note sur le raccordement des déclivités et des courbes des voies de fer.

[81]) A. a. O., S. 317.

[82]) Helmert, Die Übergangskurven für Eisenbahngleise, Aachen 1872.

pflegt dann zwischen die einzelnen Kreisbogenstücke keine Übergangskurven einzuschalten, sondern die Übergangssteigung ganz in den flacheren Bogen zu verlegen, damit am Anschlußpunkte des schärferen bereits die volle, ihm zukommende Schienenüberhöhung erreicht sei.

Die Gleichung der Übergangskurve und ihre Anwendung.

Zwischen der Übergangssteigung und dem Übergangsbogen besteht folgende Beziehung (Abb. 89). Es sei $1/\sigma$ das Übergangssteigungsverhältnis; l die gemeinschaftliche Länge der Übergangssteigung und des Übergangsbogens (vgl. S. 148); r_0 der Halbmesser des Kreisbogens; r der Krümmungshalbmesser der Übergangskurve an irgend einer, um x vom Nullpunkte entfernten Stelle, welcher die Überhöhung y entspricht, so hat man

$$\left.\begin{aligned} h &= \frac{l}{\sigma} = \frac{K}{r_0} \\ y &= \frac{x}{\sigma} = \frac{K}{r} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

(Fußnotenzeichen [83] bei K in der zweiten Zeile.)

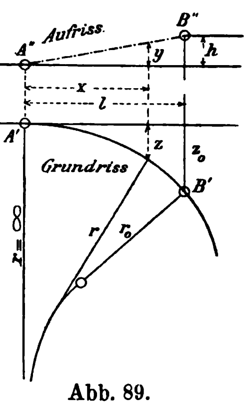


Abb. 89.

Im Anfangspunkte A, für $x = 0$ und $y = 0$, ist somit $r = \infty$, und am Ende B des Übergangsbogens, für $x = l$ und $y = h$, ist $r = r_0$. Wir haben also, wenn wir den Festwert σK durch B bezeichnen, aus obigen Gleichungen

$$\frac{1}{r} = \frac{x}{B}, \quad B = r_0 l,$$

daher

$$\frac{1}{r} = \frac{x}{r_0 l}.$$

Weil aber der Übergangsbogen sehr flach ist, so darf man annäherungsweise schreiben

$$\frac{1}{r} = \frac{d^2 z}{dx^2} = \frac{x}{r_0 l} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Die einmalige Integration liefert, da für $x = 0$ auch $\frac{dz}{dx} = 0$ werden muß,

$$\frac{dz}{dx} = \frac{x^2}{2 r_0 l} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

Durch nochmalige Integration findet man, weil für $x = 0$ auch $z = 0$, die Gleichung der Übergangskurve:

$$z = \frac{x^3}{6 r_0 l} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

Die Übergangskurve ist sonach eine kubische Parabel und gleichbedeutend mit der elastischen Linie für einen, am einen Ende eingespannten, am anderen belasteten Stab von durchaus gleichem Querschnitte. Dies ist auch die Form, welche Froude seinerzeit vorschlug.

Vernachlässigen wir den Unterschied zwischen der Länge des Übergangsbogens und der seines Grundabstandes, so erhalten wir aus Gleichung (4)

$$z_0 = \frac{l^2}{6 r_0} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

---

[83]) Über die Bedeutung von K siehe S. 149.

Ein Halbmesser MA' des Kreisbogens (Abb. 90) stehe senkrecht auf der gegebenen, als Grundachse dienenden Berührenden BA-T. Er geht alsdann, verlängert, durch den sog. „Bogenanfang ohne Übergangskurve", d. h. durch jenen Punkt A der Berührenden, wo der Kreisbogen vom Halbmesser r_0 beginnen müßte, wenn kein Übergangsbogen in Anwendung käme. Um aber die Übergangskurve anbringen zu können, muß der Kreisbogen von der Geraden nach innen hinweggerückt werden.

Ein zweiter Halbmesser MA_0 werde durch den Anschlußpunkt A_0 der Übergangskurve an den Kreisbogen gezogen. Der von diesen beiden Halbmessern ein-

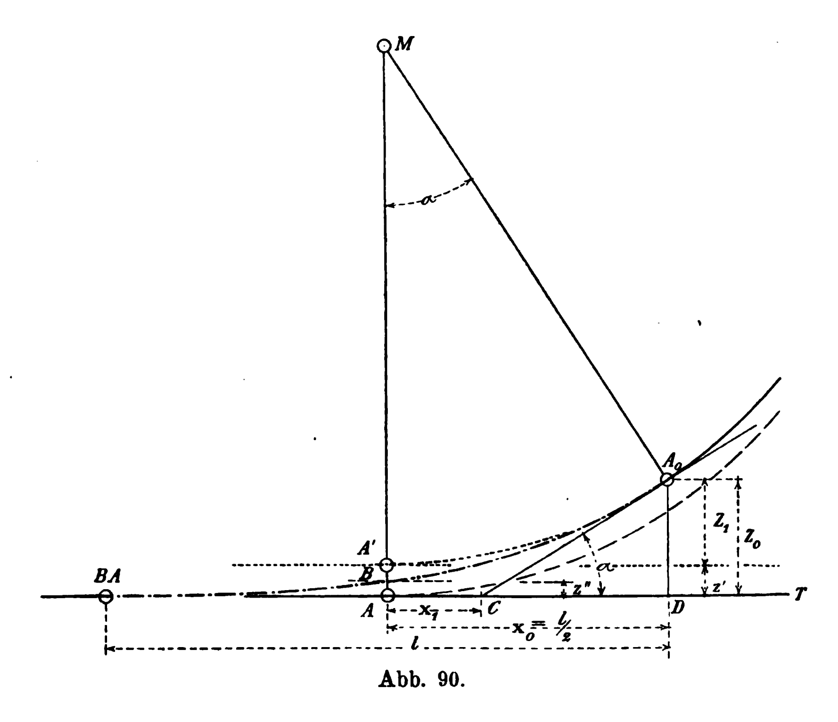


Abb. 90.

geschlossene Mittelpunktswinkel A_0MA' sei α; der Grundabstand zwischen dem Bogenanfange A' und dem Übergangspunkte A_0 sei x_0; dann ist nach Gleichung (3), für $x = l$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{2\,r_0} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

und, wenn wir wegen der Flachheit des Bogens $\sin \alpha$ und $\operatorname{tg} \alpha$ vertauschen, genau genug

$$x_0 = r_0 \operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

Weil jedoch

$$\overline{CD} = x_0 \operatorname{cotg} \alpha = \frac{l^2}{6\,r_0} \cdot \frac{2\,r_0}{l} = \frac{l}{3}$$

so ist

$$x_1 = x_0 - \overline{CD} = \frac{l}{2} - \frac{l}{3} = \frac{l}{6}.$$

Für den flachen Kreisbogen $A'A_0$ ist aber auch bekanntlich annähernd

$$z_1 = \frac{l^2}{8\,r_0} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

Das Stück, um welches man die Berührende des Kreises parallel nach innen verschieben muß, um die Anfügung des Übergangsbogens zu ermöglichen, ist

$$\left.\begin{aligned} z' &= z_0 - z_1 = \frac{l^2}{r_0}\left(\frac{1}{6}-\frac{1}{8}\right) = \frac{l^2}{24 r_0} \\ z' &= \frac{1}{3} z_1 = \frac{1}{4} z_0 \quad \ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

und die Ordinate des Punktes B der Übergangskurve, welcher die Abscisse $l - x_0 = \frac{l}{2}$ entspricht, ist nach Gleichung (4)

$$z'' = \frac{l^2}{48 r_0} = \frac{1}{2} z' = \frac{1}{8} z_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Es ist also ganz leicht, die drei Hauptpunkte BA, B und A_0 der Übergangskurve, welche zu deren Ausführung vollständig hinreichen, mit genügender Schärfe festzulegen.

Da überdies die Absteckung des Kreisbogens nach irgend einem Verfahren, unter Berücksichtigung der Verschiebung z', dem mit den alltäglichen Feldarbeiten vertrauten Ingenieur nicht die geringsten Schwierigkeiten bereitet, so sollte man grundsätzlich die Übergangsbögen gleich von vorne herein anbringen, nicht aber sie erst hinterher auf irgend eine Art anstückeln.

Der Vollständigkeit halber werde indessen auch noch der Fall einer nachträglichen Anbringung der Übergangskurven, ohne Rückung des Kreisbogens, behandelt. Es sei AN (Abb. 91) der ohne Übergangskurve bereits abgesteckte Kreisbogen. Die Übergangskurve läßt sich nicht mehr unmittelbar, sondern nur mittelbar anbringen, indem man an den gegebenen Kreisbogen vom Halbmesser r_1 einen mit Übergangskurve versehenen Hilfs-Kreisbogen $A_0 A_0'$ anschließt, dessen Halbmesser r_0 etwas kleiner ist, als r_1. Man verzichtet also hiebei einerseits auf stetigen Übergang im Anschlußpunkte A_0' und anderseits auf die Einhaltung des vorgeschriebenen Kleinstwertes für r_1, wenn nämlich der Hauptbogen bereits den kleinsten als zulässig erklärten Halbmesser besitzt.

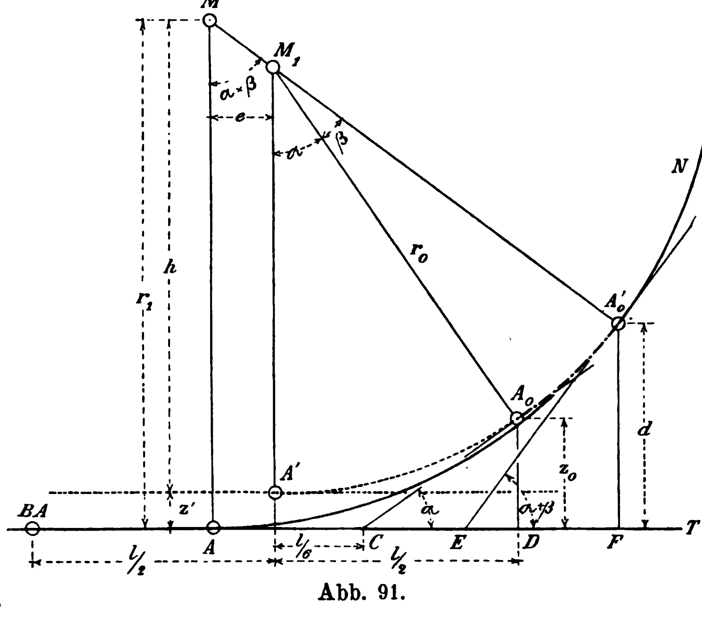


Abb. 91.

In der Abbildung ist der Deutlichkeit halber die Übergangskurve weggelassen. Nur ihre beiden Endpunkte BA und A_0, sowie die Berührende im letzteren Punkte sind angegeben.

Vor allem ist nun die Lage des Punktes A' gegen A, also der Abstand e zu bestimmen. Das Verhältnis $\frac{r_0}{r_1} = \mu < 1$ ist nach Gutdünken anzunehmen; doch

wird man dabei im Auge behalten, daß der Hilfsbogen $A_0 A_0'$ nicht zu lang ausfallen, aber auch am Anschlusspunkte A_0' keine allzugroße Unstetigkeit auftreten sollte. Ferner rundet man beim Berechnen von Tabellen für den Streckengebrauch die paarweise zusammengehörigen Werte r_1 und r_0 auf 5 oder 10 m ab. Eine zweckmäßige Annahme für μ dürfte $^{19}/_{20}$ sein[84].

Gegeben sonach r_1, r_0; ferner das dem Halbmesser r_0 entsprechende z' nebst allen sonstigen, auf die Übergangskurve des Bogens r_0 bezüglichen Maßen. Gesucht e und der Anschlusspunkt A_0', oder dessen Abstände $\overline{AF}$ und $\overline{FA_0'} = d$.

Es ist

$$e = \sqrt{(r_1 - r_0)^2 - (r_1 - r_0 - z')^2}$$

$$\overline{AF} = \frac{r_1 e}{r_1 - r_0}$$

ferner

$$\overline{FA_0'} = r_1 - r_1 \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{r_1 - r_0 - z'}{r_1 - r_0}$$

folglich:

$$\overline{FA_0'} = \frac{r_1 z'}{r_1 - r_0} = d$$

$$\overline{EF} = \frac{r_1 - r_0 - z'}{e} \cdot d.$$

Es giebt nun aber noch eine Möglichkeit, Übergangskurven nachträglich anzubringen, nämlich, die Bögen liegen zu lassen und dafür die Geraden zu rücken oder zu schwenken, je nach Umständen. Dies wird durch Abb. 92 versinnlicht, worin $ABCD$ den Hauptlinienzug in der ursprünglichen, $A'B'CD'$ denselben in der verschobenen Lage, bei liegengebliebenen Kreisbögen, darstellt.

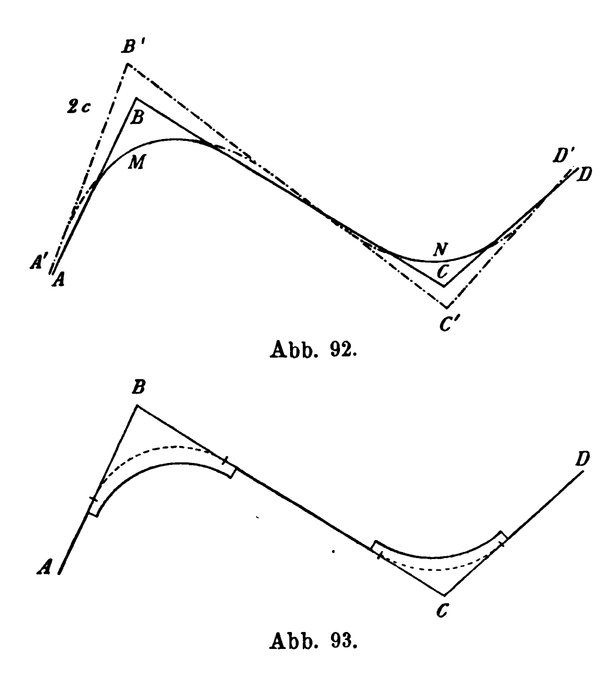


Abb. 92.

Abb. 93.

Nördlinger hat auch diese Aufgabe bereits behandelt. Sie eignet sich jedoch durchaus nicht zur Anwendung. Man würde hiedurch alle Winkel verändern und sämtliche Winkelpunkte, welche doch die allgemein üblichen und naturgemäßen Festpunkte der Linie und der endgiltigen, ausführlichen Aufnahmen bilden, verrücken und die ganze Linie in Unordnung bringen. Wir gehen daher auf diese Aufgabe nicht weiter ein, sondern halten an Folgendem fest:

1) Der gebrochene Hauptlinienzug bleibt unberührt; die mit Übergangskurven zu versehenden Kreisbögen werden nach innen gerückt (Abb. 93).

[84]) Vgl. die „Vorschriften für die Herstellung und Unterhaltung des Querschwellen-Oberbaues auf den kgl. bayer. Staatseisenbahnen", 1895, Blatt IX.

2) Korbbögen erhalten Übergangskurven nur an den Enden, wo sie von den Geraden abbiegen, nicht aber dort, wo ein Kreisbogen an den nächstfolgenden sich anschließt. Eine, bei hinreichend großem Unterschiede der Halbmesser etwa auffallende Unstetigkeit verdrückt der Oberbauleger nach dem Augenmaße.

Die Lösung oder Ausführung der hiemit gekennzeichneten beiden Hauptaufgaben vollzieht sich nun folgendermaßen:

1) Einfacher Bogen AME (Abb. 94). Das ganze Gebilde rückt in die, durch strichpunktierte Linien angedeutete Lage, indem jeder Punkt parallel zur Richtung der Halbierungslinie WC des Tangentenwinkels AWE nach innen verschoben wird um ein Stück

$$\overline{AA'} = \overline{WW'} = \overline{MM'} = \overline{EE'} = \overline{CC'} = \frac{z'}{\sin\frac{\omega}{2}} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Bei der Absteckung gilt daher Nachstehendes:

a) Absteckung mittels rechtwinkeliger Absticke von den Hauptberührenden AW, EW aus:

Das Auftragen der Abscissen erfolgt nicht von A und E, sondern von A'' und E'' aus. Diese Punkte sind die Projektionen der Endpunkte des verschobenen Kreisbogens auf die Hauptberührende und zwar ist

$$\overline{AA''} = \overline{EE''} = z' \operatorname{cotg} \frac{\omega}{2} \quad . \; . \; . \quad (12)$$

Die einer Absteckungstabelle (z. B. jener von Jordan) zu entnehmenden Ordinaten sind sämtlich um den Abstand z' zu vergrößern.

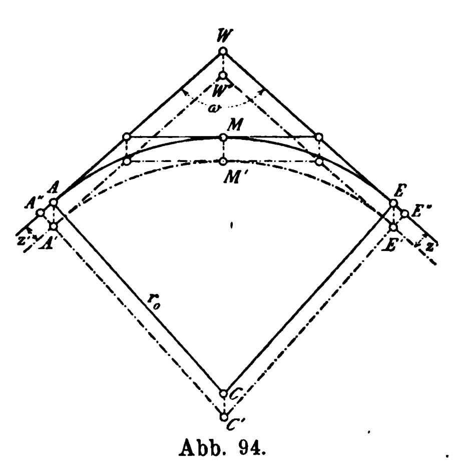
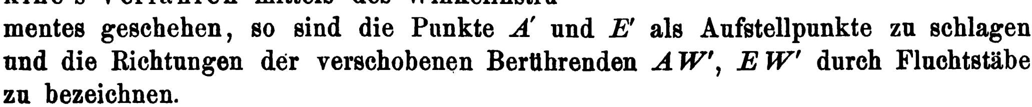
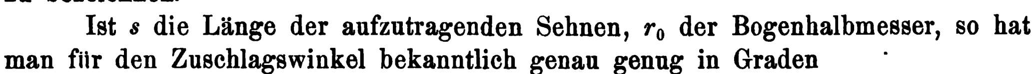


Abb. 94.

b) Soll die Absteckung nach Rankine's Verfahren mittels des Winkelinstrumentes geschehen, so sind die Punkte A' und E' als Aufstellpunkte zu schlagen und die Richtungen der verschobenen Berührenden AW', EW' durch Fluchtstäbe zu bezeichnen.



Ist s die Länge der aufzutragenden Sehnen, r_0 der Bogenhalbmesser, so hat man für den Zuschlagswinkel bekanntlich genau genug in Graden



$$\alpha = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{s}{r} = 28{,}647 \frac{s}{r}.$$

c) Man kann unter Umständen auch die Verschiebung AA'' und EE'' (Abb. 94) unterlassen und einfach von A und E aus senkrecht zur betreffenden Berührenden den Abstich z' herübertragen, also den Mittelpunkt des Kreises beibehalten und den Halbmesser um z' verkürzen. Beim Abstecken aber läßt sich z', wenn es sehr klein ist, gegen r_0 vernachlässigen, also ohne erst Tabellenwerte für den Halbmesser $r_0 - z'$ zu berechnen, einfach die für r_0 vorrätige Tabelle benutzen. Der Fehler wird um so größer, je kleiner der Halbmesser und je größer somit z', und er wird in der Mitte des Bogens um so wahrnehmbarer werden, je kleiner überdies der Tangentenwinkel ω. Bei Anwendung des Rankine'schen Verfahrens ist keine Tabelle nötig; man kann nach der unter b) mitgeteilten Formel nötigenfalls auch für einen Halbmesser $r_0 - z'$ sofort den Zuschlagswinkel leicht berechnen.

Die Aufgabe ist bei Helmert und Leber ausführlich behandelt, wird übrigens selten angewendet.

2) Korbbögen.

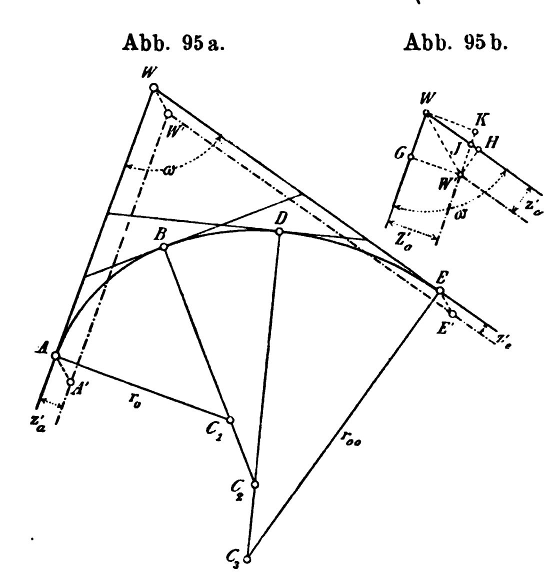
Man hat drei Fälle zu unterscheiden:

a) Der Korbbogen beginnt und endigt mit Kreisbögen von demselben Halbmesser r_0. Das ganze Gebilde verschiebt sich wie beim einfachen Bogen parallel zur Halbierungslinie des Haupttangentenwinkels, und es ist wieder

$$\overline{AA'} = \overline{WW'} = \overline{EE'} \text{ u. s. w.} = \frac{z'}{\sin\frac{\omega}{2}}.$$

b) Der Korbbogen beginnt und endigt mit Kreisbögen von verschiedenen Halbmessern (Abb. 95a und b). Die Hauptberührende AW wird um das, dem Anfangshalbmesser r_0 entsprechende Stück z_a', die Hauptberührende EW um das dem Endhalbmesser r_{00} entsprechende Stück z_e' parallel nach innen verschoben und es ist (Abb. 95b)

Abb. 95a. Abb. 95b.



$$\overline{WJ} = \frac{z_a'}{\sin\omega}$$

$$\overline{W'J} = \frac{z_e'}{\sin\omega}$$

$$\overline{JK} = z_a' \operatorname{cotg}\omega$$

$$\overline{JH} = z_e' \operatorname{cotg}\omega$$

$$\overline{WH} = \overline{WJ} + \overline{JH}$$

$$\overline{WG} = \overline{W'J} + \overline{JK}$$

$$\operatorname{tg} GWW' = \frac{z_a'}{\overline{WG}}$$

$$\overline{WW'} = \frac{z_a'}{\sin GWW'}.$$

Es rückt sonach jeder Punkt des ganzen Gebildes parallel zur Richtung WW' um ein Stück $\overline{WW'}$ herein. Der verschobene Anfangspunkt A' wird daher erhalten, indem man von A aus auf der Berührenden WA die Strecke $\overline{WG}$ und dann senkrecht dazu die Strecke z_a' aufträgt. Ebenso erhält man den verschobenen Endpunkt E' mittels der senkrechten Absticht $\overline{WH}$ und z_e' von E aus.

c) Der Korbbogen beginnt mit einem scharfen und endigt mit einem ganz flachen Bogen, so daß er nur am Anfange, nicht aber am Ende, eines Übergangsbogens bedarf.

In diesem Falle wird blos die dem Anfangsbogen entsprechende Hauptberührende AW um das für den Anfangsbogen erforderliche Stück z_a' parallel nach innen verschoben und es rückt dadurch jeder Punkt des ganzen Gebildes parallel zur anderen Hauptberührenden WE um ein Stück

$$\overline{WW'} = \frac{z_a'}{\sin\omega}$$

herein. Den verschobenen Bogenanfang A' erhält man durch Auftragen der Absticho

$$z_a' \operatorname{cotg}\omega \text{ und } z_a'$$

von A aus auf der Hauptberührenden AW, und zwar ist z'_a cotg ω in der Richtung WA aufzutragen, wenn ω spitz, in der Richtung AW, wenn ω stumpf ist. Das Bogenende rückt einfach in der Richtung WE um das Stück $\overline{WW'}$ weiter.

Es ist noch die Frage, bei welchem Bogenhalbmesser r_0 die praktische Grenze erreicht wird, von wo ab man keine Übergangskurven mehr anzuwenden braucht. Wenn z', die Parallelverschiebung der Hauptberührenden, so klein wird, daß die Übergangskurve sich kaum mehr abstecken, geschweige denn erhalten ließe, dann wird man die Mühe sparen und die etwa noch in Betracht kommende Schienenüberhöhung einfach in der Geraden verlaufen lassen. Welchen praktischen Kleinstwert b von z' man dabei festsetzen will, ist Ansichtssache. l_0 sei die Länge der Übergangssteigung für den fraglichen Grenzfall; dann ist allgemein, nach Gleichung (9), der gesuchte Grenzwert von r_0

$$r'_0 = \frac{l_0^2}{24b} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (13)$$

Wenn nun v_0 die maßgebende Fahrgeschwindigkeit in Meter auf die Sekunde, s die Spurweite, $\frac{1}{\sigma}$ das Übergangssteigungsverhältnis, h_0 die Schienenüberhöhung für den Grenzfall bezeichnet, dann haben wir nach § 19, Gleichung (2)

$$l_0 = \sigma h_0 = \sigma \frac{s v_0^2}{g r_0'} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (14)$$

mithin in Verbindung mit (13)

$$r'_0 = \sqrt[3]{\frac{1}{24b}\left(\frac{\sigma s v_0^2}{g}\right)^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (15)$$

Hieraus findet sich

$$\left.\begin{array}{ll} \text{für } \sigma = 200, & r'_0 = 2{,}59 \sqrt[3]{\frac{s^2 v_0^4}{b}} \\ \text{„ } \sigma = 250, & r'_0 = 3{,}00 \sqrt[3]{\frac{s^2 v_0^4}{b}} \\ \text{„ } \sigma = 300, & r'_0 = 3{,}39 \sqrt[3]{\frac{s^2 v_0^4}{b}} \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (16)$$

Z. B. für eine gegebene Vollspurbahn habe man $s = 1{,}5$, $v_0 = 16$ m, $\sigma = 250$; setzt man b auf 10 mm $= \frac{1}{100}$ m fest, so ist

$$r'_0 = 3{,}0 \sqrt[3]{100 \cdot 2{,}25 \cdot 65536} = 740 \text{ m rund.}$$

Man kann hiernach, wenn die in Betracht zu ziehende mittlere Fahrgeschwindigkeit festgestellt ist, sofort bestimmen, von welchem Halbmesser r'_0 abwärts Übergangskurven abzustecken sind, bezw. von welchem Halbmesser aufwärts die Übergangssteigung einfach in die Anschlussgerade zu verlegen ist.

In dem betrachteten Falle ist noch eine Überhöhung

$$h = \frac{1{,}5 \cdot 16^2}{9{,}81 \cdot 740} = 0{,}053 \text{ m}$$

notwendig, welche auf 13,25 m Länge verläuft. Für den Gebrauch beim Abstecken der Linie ist es zweckmäßig, die den verschiedenen, auf der Strecke vorkommenden Bogenhalbmessern entsprechenden Werte in Tabellen zusammenzustellen.

Das Biegen der Schienen für die Kreisbögen kann im Vorrat auf den Lagerplätzen mit Hilfe von Biegemaschinen erfolgen. Die Schienen für die Übergangsbögen aber biegt man bequem an Ort und Stelle durch Werfen oder bei

sehr langen, schweren Schienen durch Treten, obschon dies bei Stahlschienen etwas zeitraubend ist. Siehe hierüber im V. Kapitel.

§ 21. Gegenkrümmungen und Zwischengerade. — Folgen zwei Bögen von entgegengesetzter Krümmung aufeinander, so muß zwischen ihnen mindestens so viel Raum gelassen werden, daß man die entsprechenden Übergangskurven anbringen kann. Bezeichnet daher l_1 die Länge der Übergangskurve für den ersten, l_2 dieselbe für den zweiten Bogen, so muß der Abstand zwischen dem Ende des einen und dem Anfange des anderen Bogens ohne Übergangskurve, oder die sog. „Zwischengerade", mindestens betragen

$$^1/_2\,(l_1 + l_2).$$

Es fragt sich nun aber, ob nicht die Stellung der Laufwerke eines Wagens ungünstig wird, wenn man die entgegengesetzten Übergangskurven und die mit ihnen zusammenhängenden Schienenüberhöhungen so unmittelbar auf einander folgen läßt.

Ist a der Achsenstand, s die Spurweite, $1/\sigma$ das Übergangssteigungsverhältnis, so hat ein Wagen, dessen Vorderachse auf die Länge a aus einer Geraden in die Übergangskurve eingefahren ist, folgende Stellung:

Hinterachse wagrecht, Vorderachse um a/σ einseitig gehoben.

Schlösse sich an die Übergangskurve des einen Bogens die des entgegengesetzten unmittelbar an, und stände der Wagen mit der Hinterachse noch um Δa hinter dem Wechselpunkte, folglich mit der Vorderachse um $a - \Delta a$ davor, so wäre

die einseitige Hebung der Vorderachse . . . . $\frac{a - \Delta a}{\sigma}$

die eins. Hebung der Hinterachse nach der entgegengesetzten Seite $\frac{\Delta a}{\sigma}$

folglich die gegenseitige Verstellung der beiden Achsen, zusammen . . $\frac{a}{\sigma}$.

Mithin bliebe die gegenseitige Neigung der beiden Achsen auf dem ganzen Wege durch die beiden Übergangskurven unverändert, wogegen nichts einzuwenden wäre.

Anderseits aber durchfahren die beiden Achsen eines und desselben Wagens beim Überschreiten des Wechselpunktes Krümmungen entgegengesetzten Sinnes, wenn auch von sehr großen Halbmessern. Um dies zu vermeiden, müßte zwischen den benachbarten Übergangskurven ein Stück Gerade eingeschaltet werden, dessen Länge gleich wäre dem größten, bei den verkehrenden Fuhrwerken vorkommenden Radstande.

Das kommt auch in den T. V. zum Ausdrucke:

§ 28. [5] Zwischen entgegengesetzten Krümmungen einer Bahnlinie ist ein gerades Stück von solcher Länge einzulegen, daß die Fahrzeuge sanft und stetig in die andere Krümmung einlaufen, mindestens aber soll diese Gerade zwischen den Enden der Übergangsbögen, bezw. den Endpunkten der Überhöhungsrampen 10 m betragen.

§ 39. [3] Zwischen den beiden Gegenkrümmungen eines Verbindungsgleises zweier Weichen soll eine gerade Linie von wenigstens 6 m liegen.

§ 22. Spurweite[85]. — Die der Liverpool-Manchester Bahn durch Stephenson zu Grunde gelegte Spurweite von 4′ 8½″ engl. oder 1,435 m ist, wie im I. Kapitel § 16 ausgeführt, einfach nach dem bloßen Gefühle auf Eisenbahnen übertragen worden, weil man bei englischen Straßenfuhrwerken sich an dieselbe gewöhnt hatte. Mit dem Bedürfnisse, schwerere Lokomotiven zu bauen, wuchs aber die Schwierigkeit, die

[85]) Siehe auch Claus, Spurweite, in der Encycl. d. E. W., S. 3061.

Dampfmaschinen bei obiger Spurweite zwischen den Rahmen unterzubringen, eine Anordnung, deren günstiger Einfluß auf den ruhigen Gang der Lokomotive auch heute noch gewürdigt wird. Der große österreichische Ingenieur F. A. von Gerstner, welchem der Bau der ersten russischen Eisenbahn übertragen worden war, schlug deshalb 1837 eine Spurweite von 6′ engl. (1,82 m) vor; Braithwaite ging 1839 bis zu 5′ (1,525 m), und Brunel auf 7′ (2,135 m). In England standen von da an eine Zeit lang siebenerlei Spurweiten in Anwendung, unter denen die Stephenson'sche die schmalste war. Nach längerem Wettstreite schlug aber letztere die meisten anderen aus dem Felde; sie ist heute für Hauptbahnen auf der ganzen Erde vorherrschend und wird seit der Berner internationalen Konferenz 1886 als „Normal"- oder „Voll"-Spur bezeichnet. Für die Bahnen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen ist sie längst vorgeschrieben.

T. V. § 2. [1] Die Spurweite, im Lichten zwischen den Schienenköpfen gemessen, muß in geraden Gleisen 1,435 m betragen.

[3] Abweichungen von den vorgeschriebenen Maßen — als Folge des Betriebes — sind bis zu 3 mm darunter und 10 mm darüber zulässig, derart, daß die größte Spurweite in geraden Gleisen nicht mehr als 1,445 m beträgt.

Die Great-Western Bahn hatte am längsten unter den Bahnen Englands Brunel's Spurweite beibehalten, bald aber sich genötigt gesehen, zwischen ihren beiden Schienen eine dritte zu befestigen, um auch den Verkehr normalspuriger Fahrzeuge auf ihren Linien zu ermöglichen. Daraus erwuchsen aber große Übelstände. Die selbstverständliche Notwendigkeit, das zweifache Gleis in allen Bahnhöfen durchzuführen, hatte höchst verwickelte Weichenkonstruktionen im Gefolge, und die Zugförderung war durch Rücksicht auf die, obschon die nämlichen Gleise befahrenden, aber gleichwohl getrennt zu haltenden Fahrzeuge von verschiedenem Spurmaß sehr erschwert. Dazu gesellte sich die Auflehnung der Fahrgäste gegen die Unbequemlichkeit der breiten Personenwagen, wo z. B. in der II. Klasse neun Personen in einer Reihe sitzen mußten. Die Fahrgeschwindigkeit war allerdings die größte der damaligen Zeit. Die Bahnverwaltung beschloß also[86]) die Normalspur einzuführen, aber es dauerte bis 1892[87]), ehe das Opfer vollsändig gebracht war. Der Umbau hat sich jedoch gelohnt.

Auf französischen Bahnen ist eine Spurweite von 1,44 bis 1,45 m vorhanden. Der geringe Unterschied gegenüber unserer Vollspur führt beim Übergange von Fahrzeugen zu keinen Anständen. Weite Spur haben zur Zeit unter den europäischen Bahnen nur noch diejenigen von Spanien und Portugal (1,68 m), von Irland (1,60 m) und von Rußland (1,525 m).

In Nordamerika herrscht ebenfalls die Spurweite von 4′ $8^1/_2$″ (1,435 m) vor. Es finden sich indessen auf nordamerikanischen Bahnen neunerlei Spurweiten, die größer (4′ $8^3/_4$″ bis 6′) und siebenerlei, die kleiner (4′ 8″ bis 2′) sind, als die „Vollspur"[88]). Ein Spielraum von $^3/_8$″ bis $^3/_4$″ (9,5 bis 19 mm) wird als statthaft erachtet[89]), und

86) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1869, S. 70.
87) Zeitg. d. Ver. deutscher Eisenbahnv. 1892, S. 429.
88) Rand Mac Nally's R. R. Guide, Chicago, Herbst 1893.
89) Wellington, Railway-Location, S. 284.

wo der Unterschied „nicht groß“ ist, gehen die Fuhrwerke von der einen auf die andere Bahn über. Dies ist jedoch fraglos ein unhaltbarer Zustand, und verschiedene große Bahnverwaltungen haben sich über die Einführung einer Vermittelungs-Spurweite („Compromise Gauge“) von 4′ 9″ (1,448 m) geeinigt.

Für mitteleuropäische Bahnen ist also die Spurweite von 1,435 m als feststehend anzunehmen, und auf dem deutschen Eisenbahnnetze ist die Möglichkeit einer Änderung ausgeschlossen, wiewohl schon vor etwa vierzig Jahren Redtenbacher sagte „Für die Konstruktion mächtiger Lokomotiven ist die jetzt bestehende normale Spurweite ein großer Übelstand. Die Kessel müssen unverhältnismäßig lang gemacht werden, was zur Folge hat, daß der Radstand sehr groß ausfällt und daß die Feueranfachung sehr erschwert wird. Auch ist eine beschränkte Spurweite für die Stabilität der Bewegung, durch welche die Laufgeschwindigkeit bedingt ist, sehr ungünstig. Es ist zu bedauern, daß die Spur von 1,435 m beinahe allgemein geworden ist.“

Wenn auch geltend gemacht wird, daß die schmälere Spur insbesondere bei Gebirgsbahnen die Herstellung einer schmiegsameren Bahn durch Zulassung schärferer Bögen ermöglicht, so darf nicht übersehen werden, daß man durch beweglichere Fahrzeuge das Durchfahren gleich scharfer Bögen auch bei weiterer Spur hätte erleichtern können. Wenn also bei der heutigen Sachlage die Stephenson'sche Spurweite, für unsere Bahnen wenigstens, als obere Grenze angenommen werden kann, so haben anderseits Eisenbahnen mit schmälerer Spur warme Verteidiger gefunden und sich unter Umständen, namentlich mit Rücksicht auf die Wohlfeilheit ihres Unter- und Oberbaues, als sehr vorteilhaft erwiesen. Man ist aber dabei gleich beträchtlich unter die Normalspurweite herabgegangen und hat solche Bahnen, zum Unterschiede von Normal- oder Vollspurbahnen, „Schmalspurbahnen“ genannt. Sie bilden den Gegenstand des XIII. Kapitels im vorliegenden Werke.

Im Ganzen haben nach Claus von den Eisenbahnen der Erde etwa 75% die normale und die Vermittelungsspur, 11% eine größere und 14% eine kleinere Spurweite.

§ 23. Spurerweiterung in Bögen[90]. — I. Notwendigkeit derselben. Daß eine Vergrößerung der Spurweite notwendig ist, wenn ein Eisenbahnfahrzeug im Bogen die durch Abb. 67 versinnlichte, naturgemäße Stellung soll annehmen können, geht aus dem in §§ 14, 16 und 17 Gesagten ohne weiteres hervor. Eben so selbstverständlich ist es, daß dreiachsige Fahrzeuge eine Spurerweiterung erfordern, wenn die Mittelachse sich nicht nach der Seite verschieben läßt. Aber selbst dann, wenn ein Fuhrwerk mit nur zwei festen Achsen zwischen die Schienen so eingezwängt werden soll, daß gar kein Spielraum mehr besteht, muß eine Spurerweiterung im Bogen vorhanden sein.

Die Sache ist eigentlich sehr einfach, hat aber in der Ausübung eine so verschiedenartige Behandlung erfahren, daß an dieser Stelle wohl etwas näher darauf eingegangen werden sollte. Wir wollen daher zunächst die oben erwähnten drei Fälle der Reihe nach kurz betrachten.

Es bezeichne:

r den mittleren Bahnhalbmesser;

s das Spurmaß des Wagens, d. i. die Entfernung zwischen den Anlaufstellen der Spurkränze (T. V. § 72);

---

90) Siehe Kreuter, Über Spurerweiterung, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1896, S. 95.

l dessen Radstand;

e den Unterschied zwischen dem lichten Abstande der Schienenköpfe und dem Spurmaße des Wagens;

d den Durchmesser des Rades;

k die Höhe des Spurkranzes, d. i. den Abstand jenes Spurkranzpunktes, welcher während der Bewegung im Bogen in Berührung mit dem Schienenkopfe tritt, vom Laufkreise des Rades, folglich $b = \sqrt{kd + k^2}$ den Abstand desselben Punktes von der durch die Achse gelegten Lotebene (Abb. 96).

Abb. 96.

1) Damit der Wagen im Bogen die naturgemäße Stellung einnehmen könne (Abb. 67, S. 134), muß sein (vgl. § 14):

$$\left(r + \frac{s - e}{2}\right)^2 = \left(r + \frac{s + e}{2}\right)^2 - (l + b)^2$$

wonach

$$\left.\begin{aligned} e &= \frac{(l + b)^2}{2r + s} \\ r &= \frac{1}{2}\left(\frac{(l + b)^2}{e} - s\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

oder auch, wenn man b gegen l und s gegen $2r$ vernachlässigt, annähernd

$$e = \frac{l^2}{2r} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1\,A)$$

Für ein Drehgestell von 2,5 m Radstand würde sich beispielsweise mit $r = 100$ m, $s = 1{,}425$ m und $b = 17{,}5$ cm[91]) nach Gleichung (1)

$$e = \frac{2{,}68^2}{201{,}43} = 0{,}0356 \text{ m}$$

ergeben, und ein Wert von $e = 1$ cm würde nach Gleichung (1 A) noch genügen bei einem Bogenhalbmesser von

$$r = \frac{2{,}5^2}{2 \cdot 0{,}01} = 312 \text{ m}.$$

Für einen zweiachsigen Wagen mit steifem Radstand von 6 m müßte im Bogen von 200 m Halbmesser der Unterschied e nach Gleichung (1)

$$e = \frac{6{,}18^2}{401{,}43} = 0{,}095 \text{ m}$$

betragen.

Faßt man aber die in den T. V. §§ 70 und 72 festgesetzten Grenzwerte ins Auge, welchen die Abb. 97 entspricht, so erkennt man, daß schon bei $e = 100$ mm der Wagen nach innen entgleisen müßte. Deshalb ist man bei so langen steifachsigen Wagen meist genötigt, auf naturgemäße Einstellung zu verzichten und der Fall Abb. 68, S. 134, wird vorherrschend. Die letztere Stellung wird darum vielfach für die natürliche gehalten, aber mit Unrecht, denn sie ist eine erzwungene.

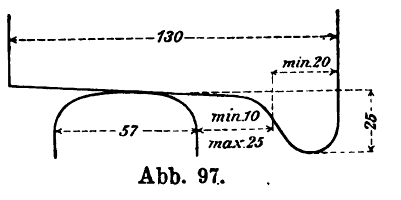


Abb. 97.

91) Diese Annahme entspräche rechtwinkeligen Spurkränzen und ist daher sehr übertrieben, da der Berührungspunkt zwischen Spurkranz und Schiene bei ganz scharf gelaufenen Spurkränzen höchstens 82 mm, bei neuen 30 mm vor der Achsenmitte liegen kann (vgl. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1880, S. 200).

2) Bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Achsen und steifem Radstande (Abb. 98) findet sich auf dem nämlichen Wege wie vorhin, jedoch unter der Annahme, daß das Fahrzeug ohne Spielraum vollständig zwischen den Schienen festgeklemmt sei,

$$e_0 = \frac{\left(\frac{l}{2} + b\right)^2}{2r + s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

oder annähernd

$$e_0 = \frac{l^2}{8r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2A)$$

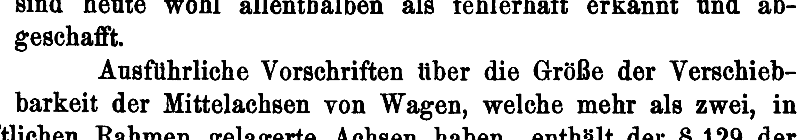
Damit das dreiachsige Fahrzeug von der Stelle bewegt werden könne, ist jedoch erforderlich, daß für dasselbe ein Unterschied e zwischen dem Abstande der Schienenköpfe und dem Spurmaße des Wagens vorhanden sei, von welchem gilt

$$e > e_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2B)$$

Ein Vergleich dieser Formeln mit (1) zeigt, daß der Anforderung (2B) leicht entsprochen werden kann und (1) dieselbe einschließt, weil nämlich der Radstand vierräderiger Wagen in der Regel größer ist, als der halbe Radstand sechsräderiger.

Abb. 98.

Dreiachsige Wagen mit beträchtlichem Radstande und nicht verstellbarer Mittelachse, auf deren Unzweckmäßigkeit schon Redtenbacher mit aller Entschiedenheit hingewiesen hat, sind heute wohl allenthalben als fehlerhaft erkannt und abgeschafft.



Ausführliche Vorschriften über die Größe der Verschiebbarkeit der Mittelachsen von Wagen, welche mehr als zwei, in einem gemeinschaftlichen Rahmen gelagerte Achsen haben, enthält der § 129 der T. V. Zu Grunde gelegt ist der Krümmungshalbmesser von 180 m.

Dagegen kommen Lokomotiven mit drei steifen gekuppelten Achsen vor. Die vier- und fünfachsigen Lokomotiven deutscher und österreichischer Bahnen pflegen eine, bezw. zwei verstellbare Endachsen zu haben[92].

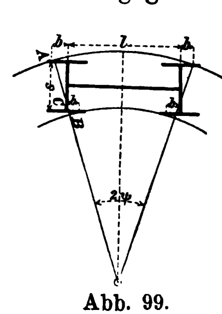


Abb. 99.

Auf amerikanischen Bahnen verkehren Lokomotiven mit fünf gekuppelten Achsen und einem Laufwerke, deren fester Radstand 5,74 m beträgt. Allein auch hier ist für größere Beweglichkeit in Bögen dadurch gesorgt[93], daß beim zweiten und dritten Treibräderpaare die Spurkränze fehlen und beim fünften der Spielraum um 9,5 mm vergrößert ist.

Indessen, selbst wenn man alle diese Vorkehrungen nicht getroffen hätte und die größte zulässige Spurerweiterung auf 4 cm festgesetzt wäre, könnte den durch die Gleichungen (2) ausgedrückten Bedingungen noch entsprochen werden, sobald

$$r > 103 \text{ m}.$$

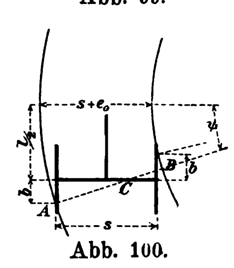
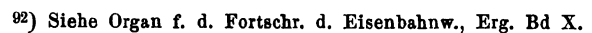


Abb. 100.

Man wird aber derartige Maschinen auf Strecken mit so scharfen Bögen kaum laufen lassen, und der Fall 2 ist überhaupt von geringer praktischer Bedeutung.

3) Der dritte Fall ist in kleinem Maßstabe in Abb. 99 dargestellt, zu deren Ergänzung Abb. 100 dient. Bezeichnet wieder e_0 jenen Wert von e, bei welchem

92) Siehe Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., Erg. Bd X.



93) Baldwin Locomotive Works, Compound Freight-Locomotives, „Decapod" Type.

der Wagen eben festgeklemmt ist, r' den Halbmesser des äußeren Schienenstranges, so ist

$$s + e_0 = \overline{AB} = s \cos \psi + 2b \sin \psi$$

oder, da $\sin \psi = \frac{\frac{l}{2} + b}{r'}$ und ψ stets klein genug,

$$s + e_0 = s + 2 \cdot \frac{\frac{l}{2} + b}{r'} \cdot b$$

Weil ferner

$$r' = r + \frac{s + e_0}{2}$$

so erhält man

$$e_0 = \frac{(l + 2b)\, b}{r + \frac{s + e_0}{2}}$$

und hieraus

$$e_0 = \frac{2r + s}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8\,(l + 2b)\, b}{(2r + s)^2}}\right)$$

oder annähernd

$$e_0 = \frac{2\,(l + 2b)\, b}{2r + s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Da es sich aber in diesem dritten Falle doch nur um Fuhrwerke mit großem Radstande handelt, so dürfen wir als weitere Annäherung nicht blos s gegen $2r$, sondern auch $2b$ gegen l vernachlässigen und erhalten für den praktischen Gebrauch genau genug

$$e_0 = \frac{lb}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\,A)$$

z. B. für $b = 18$ cm, $l = 6$ m, $s = 1{,}5$ m, $r = 500$ m findet man

$$e_0 = 2{,}2 \text{ mm},$$

also immer noch eine meßbare Größe trotz des flachen Bogens. Wenn somit bei Anwendung von zweiachsigen Wagen mit einem festen Radstande von 6 m in Bögen von 500 m Halbmesser nicht ein Unterschied zwischen dem Spurmaße des Gleises und demjenigen des Wagens angebracht würde, größer als zwei Millimeter, so müßten unbedingt Räder und Schienen rasch zu Grunde gehen.

Durch die Anordnung, daß stets zwischen den Spurkränzen und den Schienenköpfen ein Gesamtspielraum von wenigstens 10 mm vorhanden sein muß, ist dem vorgebeugt.

T. V. § 72. [1] Der Spielraum der Spurkränze im Gleise darf (nach der Gesamtverschiebung der Achse gemessen) bei der Spurweite von 1,435 m nicht unter 10 mm und auch bei der größten Abnutzung nicht über 25 mm betragen.

II. Grenzen der Spurerweiterung. Der soeben behandelte dritte Fall bietet einen Anhalt, um die untere Grenze für die Spurerweiterung festzusetzen. Bezüglich der oberen Grenze wird man den größten vorkommenden begrifflichen Radstand (s. § 16, S. 138) ins Auge zu fassen haben. Die betreffende Achse soll sich radial stellen können.

Leider läßt sich, wie wir gesehen haben, der im Anfange dieses Paragraphen behandelte erste Fall als oberer Grenzfall nicht allgemein verwerten und es müssen also hier praktische Erwägungen den Ausschlag geben.

Ein Blick auf Abb. 97 zeigt, daß, wenn man bei Anwendung der festgesetzten Mindestmaße für Radkranz und Schienenkopf die Außenkante des Radkranzes mit

dem Schienenkopfe bündig werden ließe, ein e von 53 mm möglich wäre. Für neuen Zustand von Laufwerken und Bahn sind jedoch 40 mm, für abgenutzten Zustand 55 mm höchstens zulässig.

§ 2. [2] schreibt vor: In Krümmungen mit Halbmessern unter 500 m ist die Spurweite angemessen zu vergrößern. Diese Vergrößerung darf jedoch das Maß von 30 mm niemals überschreiten.

III. Anwendungen. Alle die gefundenen Ausdrücke für die Spurerweiterung haben die Form

$$e = \frac{\text{Funct.}\,(l, b)}{\text{Funct.}\,(r, s)}.$$

Da der Anwendung des Ausdruckes (1) Schwierigkeiten entgegenstehen und der Ausdruck (2) von nebensächlicher Bedeutung ist, so bleibt als Grundlage für eine Gebrauchsformel nur (3) übrig, nebst der Bedingung, daß

$$e > e_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4$$

Im übrigen benutzen wir die praktisch bewährten Grenzwerte, wonach zunächst als Spurweite s nicht mehr das Spurmaß des Laufwerkes oder der Abstand der Spurkranzhohlkehlen, sondern der etwas größere lichte Abstand zwischen den Schienenköpfen zu nehmen ist, wie er für die Gerade gilt; und auf die „Spurweite" in diesem Sinne soll sich von jetzt an die Spurerweiterung beziehen. Ferner soll, für einen praktischen Größtwert von l und b, einem praktischen Kleinstwerte r_1 des Bahnhalbmessers eine gewisse, erfahrungsgemäß nicht zu überschreitende Spurerweiterung $e_{max} = e_1$ entsprechen, während für jenen Wert r_2 von r, welcher eine nicht mehr wohl meßbare und somit nicht mehr berücksichtigenswerte Spurerweiterung ergäbe, dieselbe füglich gleich Null gesetzt werden darf. Die Spurerweiterung müßte sonach, indem r von r_1 gegen r_2 geht, stetig von e_1 gegen Null gehen, oder es müßte sein

$$e = \varrho \cdot \frac{bl}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

wo ϱ eine Funktion von r darstellt, welche für $r = r_1$ das e zu e_1 und für $r = r_2$ es zu Null macht, und, wegen (4), unter allen Umständen größer ist als Eins.

Es liegt nun am nächsten und ist auch am natürlichsten, die Kurve, welche die Beziehung zwischen e und r versinnlichen soll, so zu wählen, daß sie eine Parallelprojektion wird von der Kurve, welche dem Verlaufe von e_0 entspricht; ϱ müßte sonach eine festwertige Zahl größer als Eins sein, und Gleichung (5) wäre dann die Asymptotengleichung einer Hyperbel.

Nehmen wir indessen vor der Hand an, wir wollten die Spurerweiterung noch bei einem endlichen Werte von r verschwinden lassen — § 2[4] der T. V. lautet: „In Krümmungen mit Halbmessern bis herab zu 500 m ist eine Vergrößerung der Spurweite nicht erforderlich" — und drücken wir, um der Einfachheit willen, ϱ durch eine Gleichung vom ersten Grade aus in der Form

$$\varrho = \mathfrak{m} \cdot r + \nu.$$

Die unveränderlichen Größen $\mathfrak{m}$ und ν werden bestimmt aus den Gleichungen

$$e_1 = (\mathfrak{m} \cdot r_1 + \nu)\frac{bl}{r_1}$$

$$0 = \mathfrak{m} \cdot r_2 + \nu$$

wonach

$$\mathfrak{m} = -\frac{e_1}{bl} \cdot \frac{r_1}{r_2 - r_1}$$

$$\nu = \frac{e_1}{bl} \cdot \frac{r_1}{r_2 - r_1} \cdot r_2$$

daher

$$\varrho = \frac{e_1}{bl} \cdot \frac{r_1}{r_2 - r_1} (r_2 - r)$$

und demgemäß wäre die allgemeine Bestimmungsgleichung für die Spurerweiterung

$$e = e_1 \cdot \frac{r_1}{r} \cdot \frac{r_2 - r}{r_2 - r_1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

Da aber die Kurven für e und für e_0 Parallelprojektionen von einander sein sollen, so erhielte man nach Gleichung (5) einfach

$$\varrho = \frac{e_1 r_1}{bl}$$

nebst

$$e = e_1 \cdot \frac{r_1}{r} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

und **letzteres ist die richtigere Bestimmungsgleichung für** e.

Vergleicht man (6) mit (7), so findet man im ersteren Ausdrucke den letzteren wieder, multipliziert durch das veränderliche Verhältnis

$$\frac{r_2 - r}{r_2 - r_1},$$

woraus man erkennt, daß die scheinbar für die Praxis bequemere, weil mit einem willkürlich festzusetzenden Werte von r_2 abschließende Annäherung (6) um so fehlerhafter wird, je kleiner man r_2 vorschreibt, und je mehr r sich diesem Werte nähert. Das läßt sich sofort an einem Beispiele zeigen.

Nach den T. V. § 28[2] sind **Krümmungen von weniger als 180 m Halbmesser unzulässig.**

Es gilt somit $r_1 = 180$ m.

Nach § 2[2] ist ferner $e_1 = 30$ mm, und nach § 2[4] ist $r_2 = 500$ m.

Während also Gleichung (6), entsprechend den geltenden Bestimmungen, für $r = 500$, $e = 0$ ergäbe, sollte bei einem solchen Bogen nach Gleichung (7) noch eine Spurerweiterung

$$e = 10{,}8 = 11 \text{ mm rund}$$

vorhanden sein, was jedenfalls nicht einerlei ist.

Welche Grenze man für $e_{\min}$ setzt, das heißt, ob man einen oder mehrere Millimeter nicht mehr berücksichtigen will, oder welchen Halbmesser man als den kleinstzulässigen erklärt und welche Spurerweiterung man höchstens anzuwenden gedenkt, ist theoretisch gleichgiltig, und, so lange nur $r_1 \geqq 180$ m, $e_1 \leqq 30$ mm, ist es auch vom praktischen Standpunkte aus statthaft, und ändert übrigens an der Richtigkeit vorstehender Betrachtungen nichts. Ist a der Grenzwert für $e_{\min}$, so ergiebt Glchg. (7) den entsprechenden Halbmesser

$$r_2 = \frac{e_1 r_1}{a} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

wo a und e_1 in Millimeter, r_1 in Meter ausgedrückt sein können.

Wäre z. B. $r_1 = 180$ m, $e_1 = 30$ mm, so hätte man

$$r_2 = \frac{5400}{a} \text{ Meter}$$

und für $a = 1$ mm müßte $r_2 = 5400$ m sein. Für e aber ergäbe sich unter Zugrundelegung der durch die T. V. vorgeschriebenen Werte von e_1 und r_1 nach Gleichung (7) die Gebrauchsformel

$$e = \frac{5400}{r} \quad \text{er} \qquad (9)$$

Wollte man ein anderes Paar Werte für r_1 und e_1 festsetzen, so würde sich der Zähler ändern, aber das durch Glch. (7) ausgedrückte Gesetz bleibt natürlich bestehen. Es könnte nun zunächst eingewendet werden, daß in den Formeln (6) und (7) l und b nicht vorkommen.

Allein e_1, r_1 und r_2 sind ja mit Rücksicht auf gewisse praktische Größtwerte von l und von b von vorne herein festgesetzt worden, und diesen muß das aus Gleichung (5) sich ergebende e zunächst entsprechen. Die Gleichung (5) und die aus ihr abgeleitete Gleichung (7) aber vereinigen in sich die Grundbedingungen (3) und (4), da $\varrho > 1$.

Für Fahrzeuge mit kleinerem Radstande wird das aus der entwickelten Gleichung berechnete e verhältnismäßig groß, aber nichtsdestoweniger vorteilhafter ausfallen, denn es nähert sich hier dem durch Gleichung (1) ausgedrückten günstigsten Werte um so mehr, je kleiner der thatsächlich vorhandene Radstand im Verhältnisse zu demjenigen ist, welchen die der Rechnung zu Grunde gelegten Erfahrungszahlen stillschweigend in sich begreifen.

Richtig, im Sinne des Ausdruckes (1), ist die nach (7) erhaltene Spurerweiterung noch, wenn annäherud

$$\frac{l^2}{2r} = \frac{e_1 r_1}{r}$$

oder

$$l \leqq \sqrt{2 e_1 r_1} \qquad (10)$$

Dies ergiebt z. B. für Vollspurbahnen, mit $e_1 = 0{,}03$ m, $r_1 = 180$ m,

$$l \leqq 3{,}29 \text{ m.}$$

Für größeren Radstand läßt sich also der Anforderung (1) nicht entsprechen und man hat nur die Wahl, das durch Gleichung (3) und (4) gegebene, in Gleichung (7) vereinigte Gesetz zu befolgen.

IV. Schlußbemerkungen. Nach dem Vorangegangenen wäre es, wenn man folgerichtig verfahren will, jedenfalls geboten, die Spurerweiterung noch weit über die durch § 2 der T. V. gesetzte Grenze ($r \geqq 500$ m) hinaus anzuwenden[94]. Für die Gerade bestimmen die T. V. einen Spielraum von mindestens 10 mm, und die Formel (7A) ergiebt für $r = 500$ m noch eine Spurerweiterung $e = 10{,}8$ mm. Man könnte sonach im Hinblick auf § 2[4] der T. V. glauben, der Spielraum von 10 mm vermöchte die Spurerweiterung für einen Bogen von 500 m Halbmesser zu ersetzen. Dem ist aber nicht so. Denn, wenn zugegeben wird, daß schon in der Geraden erfahrungsgemäß ein Spielraum von 10 mm mindestens notwendig ist, so darf man diesen ebensowenig für Bögen als noch ausreichend bezeichnen, als man anderseits einen geringeren Spielraum für die Gerade gestattet.

Vom praktischen Standpunkte aber ist es dieselbe Arbeit, ob man ein Bogengleis mit oder ohne Spurerweiterung verlegt, denn die Handhabung der verstellbaren

[94]) Die Kaiser Ferdinands-Nordbahn schreibt für Bögen von 2000 m Halbmesser noch 2 mm Spurerweiterung vor, darüber hinaus aber wird $e = 0$ genommen. Siehe deren Anhang zur Instruktion III Nr. 15 für die Bahnerhaltung, Wien 1892, S. 14.

… der festen, und über die Mühe des Ein-
… ten Spurerweiterungstabelle wird wohl
… rden, daß die Spurerweiterung in der
… wird. Am bequemsten haben es sich
… perbel eine Gerade setzten. Auch eine
… nt, ist in Eisenbahnkreisen üblich. Sie

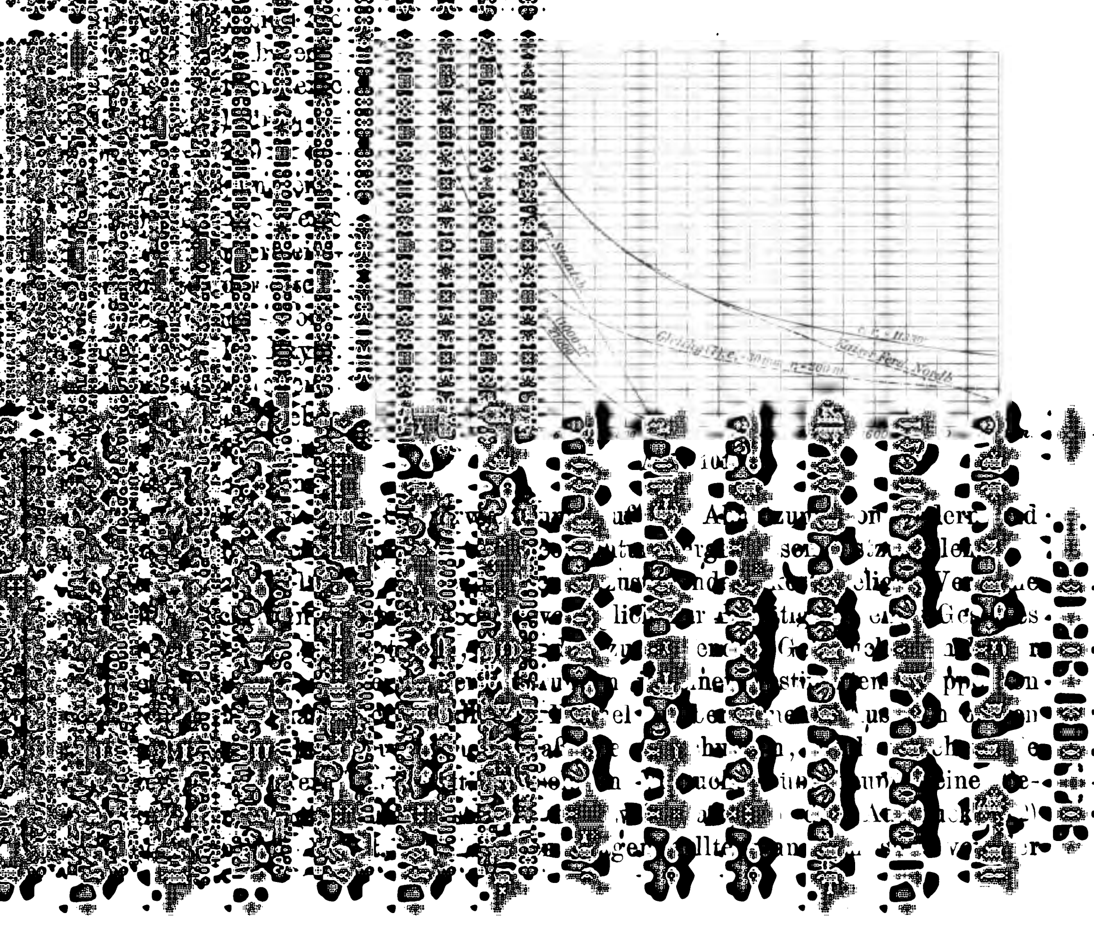
$$\ldots \frac{\ldots 339}{r} \qquad (11)$$

… $r_1 = 11\,339$. Für $e_1 = 30$ müßte also
… besteht in der That darin, daß, nach
… sich in naturgemäßer Stellung durch die

… eingesetzte Unterausschuß des Vereins
… auchsformel

$$\ldots \frac{\ldots - r)^2}{n} \qquad (12)$$

… sser in Meter, m und n Erfahrungszahlen
… enn man $m = 1000$ und $n = 27\,000$ setzt.



… [illegible]

Theorie leiten lassen, aber ohne kleinlich in die rechnungsmäßige Verfolgung von Nebenumständen sich zu verlieren, bezüglich deren man mehr oder weniger auf Vermutungen angewiesen ist. Ergeben sich bei Beobachtungen Widersprüche, so trachte man deren Grund zu erforschen, und hüte sich, nach Gutdünken Formeln aufzustellen, welche nicht in gesetzmäßigem Zusammenhange stehen mit der Natur der Sache, und daher auch aus Beobachtungen der letzteren eine Bestätigung niemals erfahren können.

Spurerweiterung und Schienenüberhöhung verlaufen gleichzeitig nebeneinander und im nämlichen Sinne. Nichtsdestoweniger aber stehen beide keineswegs in solchem Zusammenhange, daß sie nicht getrennt für sich beurteilt werden könnten und müßten.

Allerdings wird überall, wo man eine Schienenüberhöhung braucht, auch eine Spurerweiterung nötig; aber aus ganz verschiedenen Ursachen.

Um aus der Beantwortung der im § 19 angedeuteten Fragen betreffs der Schienenüberhöhung richtige Schlüsse ziehen zu können, müßte also die Spurerweiterung auf sämtlichen Versuchsgleisen derselben Gruppe einheitlich nach einer Gebrauchsformel, z. B. (7), die an Einfachheit gewiß nichts zu wünschen läßt, bemessen werden, damit man den Einfluß der Spurerweiterung aus den Beobachtungsergebnissen auszuscheiden im Stande wäre.

Alle die vorstehenden Ergebnisse sind aus der Betrachtung eines einzigen Fahrzeuges abgeleitet worden. Die naturgemäße Stellung der einzelnen, zu einem Zuge aneinander gehängten Fahrzeuge ist indessen im Bogen nicht die nämliche, wie die des ledigen einzelnen Fahrzeuges. Sie hängt von der Art der Kuppelung, von der Länge und Schwere des Zuges u. s. w., kurz von Umständen ab, bezüglich deren man ausschließlich auf Annahmen beschränkt ist, die möglicherweise ganz unzutreffend sein können. Hierauf eingehende Rechnungen werden daher nicht nur überaus verwickelt, sondern ihr praktischer Nutzen ist auch mindestens zweifelhaft. Nachdem aber die Beweglichkeit eines Zuges sicherlich mit der Beweglichkeit des einzelnen Fahrzeuges im innigsten Zusammenhange steht, so darf man wohl behaupten, was für die Bewegung des einzelnen Fahrzeuges im Bogen angemessen oder günstig ist, sei es auch für die Bewegung ganzer Züge, und das Grundgesetz für die Bewegung eines einzelnen Fahrzeuges müsse auch dem Gesetze für die Bewegung einer Gesamtheit von einander abhängiger Fahrzeuge zu Grunde liegen. In diesem Sinne kann man es bei den vorstehenden Ausführungen füglich bewenden lassen.

Im IX. Erg.-Bande des Organs 1884 sind die auf Vereinsbahnen üblichen Spurerweiterungen zusammengestellt und kurz erläutert. Von den, S. 64 und 65 angeführten 51 Vereinsbahnen haben alle $r_2 > 500$ angenommen. Am wenigsten weit ist die sächs. Staatsbahn gegangen mit $r_2 = 650$; sie giebt aber (S. 61) zu, daß für die Spurerweiterung „ein Mehr von 5 mm allenthalben als zulässig" befunden wurde. Weitere Mitteilungen hierüber siehe im 4. Kapitel.

Zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die Behandlung der Sache auf englischen und amerikanischen Bahnen.

Auf englischen Bahnen sind, dank dem günstigen Gelände, Bögen von weniger als zehn Chains, d. i. 650 Fuß oder 200 m Halbmesser, sehr selten. Das Spiel zwischen Rad und Schiene beträgt bei der London and North Western Bahn[95])

[95]) Vgl. Reitler, Über englischen und amerikanischen Oberbau, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1895, Nr. 20.

zwischen 15 und 32 mm. Der feste Radstand der Wagen ist gering, und der Oberbau sehr widerstandsfähig.

Auf amerikanischen Bahnen ist ein Spielraum von $^3/_8$ bis $^3/_4$ Zoll (9,5 bis 19 mm) gebräuchlich[96]. Es kommen dort teilweise schärfere Krümmungen vor, als bei uns; die ausschließlich auf Drehgestellen ruhenden Fahrzeuge haben aber äußerst kurzen festen Radstand. Die Grenzwerte von e_1 und r_1 sind also überall in ziemlich übereinstimmender Weise festgesetzt nach Maßgabe des durchschnittlichen Radstandes der gebräuchlichen Fahrzeuge.

§ 24. Umgrenzung des lichten Raumes. — Damit die Eisenbahnfahrzeuge nirgends anstoßen, muß längs der ganzen Strecke ein gewisser Raum rings umher mindestens frei bleiben. Mit der Ausbreitung des Eisenbahnnetzes machte sich, wie schon im ersten Abschnitte ausgeführt wurde, das Bedürfnis geltend, einheitliche Hauptabmessungen für die Fahrzeuge und für die einzelnen Bauwerke, aus denen eine Eisenbahn sich zusammensetzt, festzustellen. Naturgemäß ging man davon aus, den Fahrzeugen, um ihre Leistungsfähigkeit bei festgesetzter Spurweite auf das höchstmögliche Maß zu steigern, die größten, nach den gesammelten Erfahrungen zulässigen Abmessungen zu geben. Für die Bahnbauten dagegen handelte es sich, mit Rücksicht auf thunlichste Beschränkung der Anlagekosten, um Aufsuchung der mit der Sicherheit des Verkehres verträglichen Mindestmaße.

Die Umgrenzung des lichten Raumes richtet sich nach den Querschnittsabmessungen der Fahrzeuge, wobei aber auch noch auf außerhalb der Wagen beschäftigte Schaffner und Bremser, auf offene Thüren u. s. w. Rücksicht zu nehmen ist. Der heutzutage im Vereine deutscher Eisenbahnverwaltungen eingeführte Umriß des lichten Raumes ist der Hauptsache nach im Mai 1857 auf der Versammlung deutscher Eisenbahntechniker in Wien zu Stande gekommen. Er stellt sonach den Inbegriff der zulässigen größten Höhen und Breiten von Fahrzeugen und der gleichzeitigen, nach ersteren zu richtenden Mindestmaße für den Abstand über das Gleise sich erhebender Bauteile von den Schienen bildlich dar. Man nannte diesen Umriß, dessen größte Breite ungefähr der eines Personenwagens mit beiderseits geöffneten Thüren entspricht, das „Normalprofil des lichten Raumes“. Dasselbe hat seither einige Veränderungen erlitten und ist in seiner, derzeit giltigen Gestalt in Abb. 102 dargestellt. Die darauf bezüglichen Bestimmungen der T. V. sind in den §§ 17, 29, 33 enthalten und lauten:

§ 17. ¹ Die Lichtraum-Umgrenzung der Tunnel ist in solcher Weise anzuordnen, daß neben der in § 29 vorgeschriebenen Umgrenzung des lichten Raumes überall ein Spielraum von mindestens 300 mm bei zweigleisigem und von mindestens 400 mm bei eingleisigem Tunnel verbleibt.

² In Krümmungen soll hiebei die etwa geänderte Lage der Umgrenzung des lichten Raumes berücksichtigt werden.

³ Die Herstellung geräumiger, in Entfernungen von etwa 50 m einander gegenübergestellter Nischen, welche zur leichteren Auffindung mit weißem Anstrich zu versehen sind, wird zur Sicherung der Arbeiter empfohlen.

---

96) Wellington, a. a. O., S. 284.

§ 29. Die Umgrenzung des für die freie Strecke mindestens offen zu haltenden lichten Raumes ist die in Abb. 102 links gezeichnete; dabei ist in Krümmungen auf die Spurerweiterung und Gleisüberhöhung Rücksicht zu nehmen.

§ 33. [1] Für diejenigen Gleise der Stationen, auf welchen Züge bewegt werden, ist für alle festen Bauteile, die in Abb. 102 rechts gezeichnete Umgrenzung des lichten Raumes, unter Berücksichtigung der Spurerweiterung und der Gleisüberhöhung in Krümmungen, mindestens inne zu halten.

[2] Für die durchgehenden Gleise der Stationen ist die Innehaltung der in Abb. 102 links gezeichneten Umgrenzung zu empfehlen, jedoch ist dort wo Personenzüge verkehren, eine Erhöhung der Stufe von 0,760 auf 1 m bei Anlage hoher Bahnsteige zulässig.

Abb. 102.

Umgrenzung des lichten Raumes giltig für Haupt- und Nebeneisenbahnen.

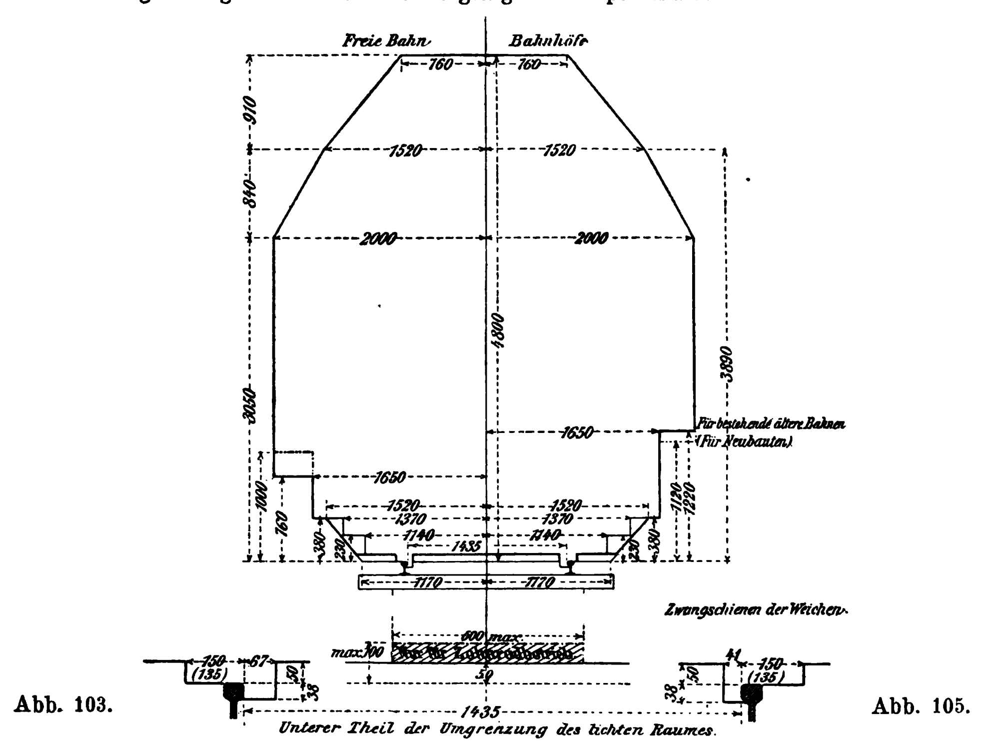


Abb. 103. Abb. 104. Abb. 105.

Die Stufe -------- ist für durchgehende Stationsgleise, auf welchen Personenzüge verkehren, bei Anlage hoher Bahnsteige zulässig.

Anmerkungen: Die mit 150 mm vorgeschriebene Mindestentfernung fester, über Schienenoberkante, außerhalb des Gleises bis zum Höchstmaße von 50 mm erhöhter Teile kann auf 135 mm eingeschränkt werden, wenn der erhöhte Teil mit der Fahrschiene fest verbunden ist. (Abb. 103 und 105). Die in Abb. 104 mit 500 mm größter Breite und 100 mm Höchstmaß über Schienenoberkante eingezeichnete Verengerung hat nur für die Zahnradstrecken vollspuriger Bahnen mit ganzem oder teilweisem Zahnradbetriebe, auf welche Betriebsmittel der Haupt- und Nebeneisenbahnen übergehen, Giltigkeit.

Die Umgrenzungslinie (Abb. 102) und diese Bestimmungen gelten, nach den Beschlüssen der 1896 zu Berlin abgehaltenen Technikerversammlung des V. D. E. V., sowohl für Haupt- als für Nebeneisenbahnen. In den T. V. sind auch Umgrenzungslinien für die verschiedenen Arten von Fahrzeugen festgesetzt. Auf die Wiedergabe derselben und der einschlägigen Bestimmungen kann hier wohl verzichtet werden. Die nach der „Umgrenzungslinie für Güterwagen" festzusetzenden Lademaße werden im XI. Kapitel besprochen.

Es ist ratsam, bei Anlage über die Gleise vorstehender Bauteile noch einen Spielraum bis zur Umgrenzungslinie des lichten Raumes zu lassen und den Lichtraum der Tunnels nicht zu eng zu bemessen (§ 17 d. T. V.).

§ 25. Gleisabstand. — Der Abstand zwischen zwei benachbarten Gleisen müßte nach der Umgrenzungslinie des lichten Raumes eigentlich 4 m von Mitte zu Mitte betragen. Man bleibt aber auf der freien Strecke darunter und richtet sich mehr nach der, durch die T. V. § 88, 114, 121, 122 festgesetzten größtzulässigen Breite der Fahrzeuge. Durch Abrundung auf 3,5 m ist noch die Möglichkeit geschaffen, daß zwischen zwei sich begegnenden Zügen eine Thüre zufällig offen stehe, ohne anzustreifen.

Die einschlägigen Bestimmungen der T. V. lauten, betreffs der freien Bahn für Haupt- und Nebenbahnen übereinstimmend, wie folgt:

§ 30. [1] Die Gleise auf der freien Strecke dürfen von Mitte zu Mitte nicht weniger als 3,500 m von einander entfernt sein. Tritt zu einem Gleispaar noch ein Gleis hinzu, so ist dessen Entfernung von dem zunächst liegenden Gleise von Mitte zu Mitte mindestens mit 4 m anzunehmen.

[2] Werden mehrere Gleispaare nebeneinander gelegt, so muß die Entfernung von Mitte zu Mitte der benachbarten Gleise je zweier Gleispaare mindestens 4 m betragen.

[3] Bei Erbauung neuer Bahnen wird, um den vorgeschriebenen lichten Raum (vgl. § 29) wirklich herzustellen, zwischen allen Gleisen eine Entfernung von Mitte zu Mitte der Gleise von mindestens 4 m empfohlen.

Hinsichtlich der Bahnhöfe sagt § 38 der T. V. für Hauptbahnen:

[1] Die Parallelgleise der Stationen sollen wenigstens 4,500 m von Mitte zu Mitte entfernt sein.

[2] Hauptgleise, zwischen denen Bahnsteige liegen, sollen wenigstens 6 m von Mitte zu Mitte entfernt sein; nur auf kleinen Stationen kann dieser Abstand bis auf 4,700 m eingeschränkt werden.

Für Nebenbahnen gilt:

[1] Als geringste Entfernung der Parallelgleise von Mitte zu Mitte wird 4,500 m als wünschenswert, 4 m als noch zulässig erkannt.

[2] Parallelgleise, zwischen denen Bahnsteige liegen, sollen wenigstens 4,500 m von Mitte zu Mitte entfernt sein.

Für Lokaleisenbahnen bestimmt § 26 der „Grundzüge" Folgendes:

[1] Bei vollspurigen Bahnen, auf welche Hauptbahnwagen übergehen, sollen die Gleise mindestens 4,000 m von Mitte zu Mitte entfernt sein.

[2] Bei anderen vollspurigen, sowie bei schmalspurigen Bahnen soll die Entfernung der Gleise so groß sein, daß der lichte Raum über jedem

Gleise nach der festgesetzten Umgrenzungslinie frei bleibt. Diese Entfernung so groß zu machen, daß zwischen den breitesten Fahrzeugen, beziehungsweise Ladungen noch ein freier Raum von mindestens 500 mm Breite verbleibt, wird empfohlen.

Aus vorstehenden Bestimmungen ergiebt sich bei mehrgleisigen Bahnen aus Gleisabstand und Umgrenzungslinie des lichten Raumes der mindest notwendige lichte Querschnitt für Bahnüberbrückungen und Tunnels. Bei Festsetzung der entsprechenden Bauformen kann man, wofern es sich um Überbrückungen handelt, ohne Anstand ziemlich nahe an die Grenze gehen. Nur wenn Umbauten oder Ausbesserungen zu gewärtigen sind, muß die Möglichkeit der Anbringung entsprechender Rüstungen berücksichtigt werden. Aus letzterem Grunde sollte man namentlich Tunnelquerschnitte nicht zu knapp bemessen. Für sehr lange Tunnels dürfte überdies schon im Hinblick auf die Schaffung eines beträchtlichen Luftraumes ein geräumigerer Querschnitt angemessen sein. Der Zustand der Luft in langen, verhältnismäßig engen Tunnels ist bei starkem Verkehre unstreitig ein sehr schlechter.

§ 26. Ausrundung der Neigungswechsel. — Auch diese Aufgabe ist bereits durch Nördlinger wissenschaftlich behandelt und in Verbindung mit seiner Arbeit über Übergangskurven veröffentlicht worden[97].

Den Anlaß gab ein Eisenbahnunfall bei Fampoux, welchen man der unvermittelten Aufeinanderfolge eines Gefälles und einer Steigung zuschreiben zu sollen glaubte. Infolge davon hatte man in Frankreich vorgeschrieben, daß zwischen zwei entgegengesetzten Steigungen eine wagrechte Strecke von mindestens 100 m Länge einzulegen sei.

Während man aber ehemals nur Steigungen von 10 bis 15 ‰ kannte, ist man später auf 25 und 30 ‰ übergegangen. Es ist leicht einzusehen, daß, wenn solche Gefälle an den Wechselpunkten keine Milderung erführen, und ausgesprochene Ecken im Aufrisse des Schienenweges hervorträten, daraus mancherlei Übelstände erwachsen müßten.

Dreiachsige Fahrzeuge würden z. B. eine nahezu völlige Entlastung der Mittelachse oder aber eine derartige Überlastung derselben erleiden, daß eine Entgleisung des vorderen Radsatzes eintreten könnte. Folgten auf starke Gefälle wagrechte Strecken oder Gegensteigungen, so würden die Fahrzeuge daselbst förmlich aufprallen unter gewaltiger Beanspruchung sowohl der Radsätze als der Schienen. Endlich entständen zwischen den Puffern der vorderen, in ihrer Bewegung verzögerten und der nachfolgenden Fuhrwerke Stöße bedenklichster Art.

Viele Ingenieure haben zur Ausrundung der Gefällsbrüche Kreisbögen angewendet, und auch die T. V. schreiben vor:

§ 27. [2] Die Neigungswechsel sind nach einem Kreisbogen von mindestens 5000 m Halbmesser abzurunden, welches Maß nur für Strecken unmittelbar vor Stationen auf 2000 m herabgesetzt werden kann.

[3] Zwischen Gegenneigungen von mehr als 5 ‰ (1 : 200) soll, sofern die Länge einer derselben 1000 m übersteigt, eine weniger als 5 ‰ (1 : 200) geneigte Strecke, wenn thunlich von der Länge eines Güterzuges, eingelegt werden, welche zur Ausrundung mitbenutzt werden kann.

---

[97]) Ann. d. p. et ch., XIV. Band, S. 312.

Nördlinger hat eine Parabel gewählt, dergestalt, daß auf je 1°/₀₀ Neigungsunterschied eine Länge von 10 m entfällt.

Wir wollen nun die Aufgabe zusammenfassen wie folgt (Abb. 106):

1) Die Abrundung soll mindestens mit einem Halbmesser von r Meter erfolgen.

2) Die Abrundungskurve soll eine Parabel sein. r sei daher der Krümmungshalbmesser für den Scheitel der Parabel. Die Achse der Parabel ist lotrecht; ihr Scheitel entspricht dem Übergangspunkte in die Wagrechte. Gefälle schließen sich berührend an die Parabel an. Zwei aufeinanderfolgende Gefällslinien umhüllen die Parabel von außen.

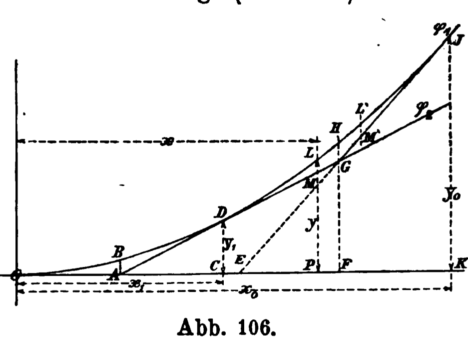


Abb. 106.

Bezeichnet p den Parameter, so ist bekanntlich

$$r = \frac{p}{2}$$

daher die Gleichung der Parabel für den Scheitel O als Anfangspunkt

$$x^2 = py = 2ry \quad \ldots\ldots (1)$$

und das Gefällsverhältnis an irgend einem Punkte x, y der Parabel

$$\varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{x}{r} \quad \ldots\ldots (2)$$

Folglich, aus Gleichung (1),

$$y = \frac{x^2}{2r} = \varphi^2 \frac{r}{2} \quad \ldots\ldots (3)$$

Hat man zwei Gefälle φ_1 und φ_2 und sind x_0, y_0 und x_1, y_1 die Achsenabstände der Übergangspunkte, dann ist

$$\left.\begin{aligned} y_0 &= \varphi_1^2 \frac{r}{2} \\ y_1 &= \varphi_2^2 \frac{r}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (3\,A)$$

somit der Höhenunterschied der Punkte

$$y_0 - y_1 = (\varphi_1^2 - \varphi_2^2) \frac{r}{2} \quad \ldots\ldots (4)$$

Der Abstand der Punkte oder die Länge des Uberganges ist

$$x_0 - x_1 = (\varphi_1 - \varphi_2)\, r \quad \ldots\ldots (5)$$

Für einen Zwischenpunkt L links vom Gefällsbruche G hat man die Pfeilhöhe

$$\left.\begin{aligned} \overline{LM} &= \frac{(x - x_1)^2}{2r} \\ \text{rechts} \qquad \overline{L'M'} &= \frac{(x_0 - x)^2}{2r} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (6)$$

Die Pfeilhöhe wird am größten in der Mitte über dem Gefällsbruche G, nämlich

$$\left.\begin{aligned} \overline{GH} &= \frac{(x_0 - x_1)^2}{8r}, \text{ oder wegen (5)} \\ \overline{GH} &= \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 r}{8} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (7)$$

Für $r = 2000$ m und $\varphi_2 = 0$ z. B. erhält man folgende zusammengehörige Werte:

$\varphi_1 = 0{,}005$	0,010	0,015	0,020	0,025
$\overline{GH} = 0{,}0125$	0,025	0,056	0,100	0,156

Es ergeben sich also, selbst wenn man das zulässige Mindestmaß für r wählt, Zahlen, die bei der Anlage offener Kunstbauten entschieden berücksichtigt werden müssen, sobald das Gefälle groß wird. Bei flacheren Ausrundungen, d. h. Zugrundelegung größerer Werte von r, wird die Sache natürlich noch auffallender, indem $\overline{GH}$ im selben Verhältnisse wie r wächst.

Vierter Abschnitt.

Widerstände von Eisenbahnfahrzeugen.

§ 27. Allgemeines. — Auf einer in Krümmung und Neigung gelegenen Bahn haben wir dreierlei Widerstände zu unterscheiden, so daß das Widerstandsverhältnis ω oder die Kraft in Tonnen, welche zur Fortbewegung einer Tonne Zuggewicht erforderlich ist, sich zusammensetzt aus

I. dem Widerstande ω_g auf gerader wagrechter Bahn;
II. dem Widerstande ω_φ, welcher durch die Schwerkraft auf einer, unter dem Winkel φ gegen die Wagrechte geneigten Bahn verursacht wird, und
III. dem Widerstande ω_r infolge von Bahnkrümmungen.

Diese Widerstände sollen nun der Reihe nach erörtert werden.

Die ersten Versuche zur Ermittelung der Widerstände von Eisenbahnfahrzeugen fallen schon in den Beginn des Eisenbahnzeitalters. Ihre Ergebnisse sind aber zum Teil heute noch maßgebend für die Beurteilung des Verhaltens steifachsiger Fahrzeuge.

Ein besonders glücklicher Griff war die Einführung der Lenkachsen (siehe § 17). Die Versuche mit letzteren betrafen ursprünglich nur Wagen mit höchstens 6,5 m Radstand; durch den Erfolg ermutigt, dehnte man sie 1892 auf zweiachsige Wagen von 8,4 m Radstand aus[98]. Diese vergleichenden Widerstandsversuche, so weit sie an dieser Stelle für uns in Betracht kommen, ergaben im Wesentlichen Folgendes:

1) Die Vergrößerung des Längsspielraumes zwischen Achsbüchsen und Achshaltern von 5 mm auf 10 mm hatte bei Wagen von 4,86 m Radstand eine Verminderung des Zugwiderstandes von 3,25 bis 10,47 %, oder im Durchschnitte von 10 % im Gefolge.

2) Personenwagen von 8,4 m Achsstand mit freien Lenkachsen von 30 mm Spielraum in der Gleisrichtung erforderten eine 18,7 bis 28,3 %, oder durchschnittlich 22 % geringere Zugkraft, als Wagen von 4,86 m Radstand und nur 10 mm Längsspielraum.

3) Der Zugwiderstand bei dreiachsigen Wagen mit freien Lenkachsen von 7 m Radstand war um 15,5 bis 29 %, oder durchschnittlich um etwa 22 % geringer, als bei den nämlichen Wagen mit zwangläufigen Lenkachsen. Die freien Lenkachsen bedeuten daher einen großen Fortschritt.

---

[98]) Neuere Versuche über das Verhalten freier Lenkachsen von W. Volkmar, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1892.

Ist nun M das Gewicht der Lokomotive, T das Gewicht des Zuges samt Tender, Z die nach § 9, Seite 112, zu berechnende Zugkraft der Maschine, so muß sein

$$\left.\begin{aligned} Z &= \omega\,(M + T) \\ \text{daher}\quad T &= \frac{Z}{\omega} - M \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

§ 28. I. Widerstand eines Eisenbahnfuhrwerkes auf gerader, wagrechter Bahn. — Dieser Widerstand ist durch Versuche festgestellt worden. Er läßt sich in zwei Teile zerlegen, deren einer als von der Fahrgeschwindigkeit unabhängig angesehen werden kann und hauptsächlich Reibungswiderstände umfaßt, während der andere mit der Fahrgeschwindigkeit wächst.

Bezeichnet ω_g den Widerstand in Tonnen auf die Tonne, oder das Widerstandsverhältnis für gerade wagrechte Bahn, v die Fahrgeschwindigkeit in Meter auf die Sekunde, und sind a, b, c u. s. w. Erfahrungszahlen, so haben die durch verschiedene Forscher in Gebrauch gekommenen Formeln folgende Gestalten:

1) Gooch[99]: $\omega_g = a + bv$;
2) D. K. Clark[99]: $\omega_g = c + ev^2$;
3) Wyndham Harding und Scott Russell[99]: $\omega_g = f + gv + kv^2$;
4) v. Röckl[100]: $\omega_g = m + nv^3$.

Frank hat indessen nachgewiesen[101], daß unter allen den vorgeschlagenen Ausdrücken nur jener von Clark das fragliche Gesetz richtig darstellt, indem der Einfluß der Zuggeschwindigkeit auf den Zugwiderstand, wobei hauptsächlich die durch die Vertikalschwankungen verursachten Reibungsarbeiten, die Erschütterungen und der Luftwiderstand in Betracht kommen, nur als von der zweiten Potenz von v abhängig gedacht werden können, und daher weder die erste noch die dritte Potenz gerechtfertigt ist.

Die Clark'sche Formel gilt für gute, mit Federn versehene Eisenbahnfahrzeuge, in Zügen, die durch eine Lokomotive mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf gut gebauter und sorgfältig erhaltener Bahn mit flachen Bögen fortbewegt werden und zwar bei ziemlich ruhigem Wetter. Unter diesen Verhältnissen sind nämlich die Versuche angestellt worden, wobei die Messung des Widerstandes durch ein, zwischen Maschine und Zug angebrachtes Dynamometer erfolgte. Auf Metermaß umgerechnet lautet Clark's Formel:

$$\omega_g = 0{,}00268 + 0{,}0000093\, v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

In den 1860er Jahren sind durch die Ingenieure L. Vuillemin, A. Guébhard und C. Dieudonné auf den Linien der französischen Ostbahn sehr umfangreiche Versuche angestellt worden[102]. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden von den Urhebern mittels der Harding'schen Formel zum Ausdrucke gebracht. Sie teilten die Züge je nach ihrer Fahrgeschwindigkeit in Gruppen. Bei der letzten, Güterzüge mit 12—32 km stündlicher Geschwindigkeit umfassenden Gruppe wird das dritte

---

[99] Rankine, Manual of Civil Engineering, 12. ed., S. 633.

[100] Zeitschr. f. Baukunde 1880, Heft 4, und Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1880, S. 261.

[101] Die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge u. s. w., preisgekrönte Abhandlung von Albert Frank, Wiesbaden, Kreidel 1886.

[102] De la résistance des trains et de la puissance des machines, par L. Vuillemin, A. Guébhard et C. Dieudonné, Paris, Eugène Lacroix 1867.

Glied mit v^2 weggelassen, wodurch die zweigliederige Form Gooch's zum Vorschein kommt. Die Erfahrungszahlen f, g, k haben in jeder Gruppe andere Werte und es wird auch noch ein Unterschied gemacht, je nachdem Öl- oder Fettschmiere zur Anwendung kommt. Frank hat, um die französischen Versuchsergebnisse richtiger auszudrücken, der Clark'schen Formel folgende Gestalt gegeben[103])

$$\omega_g = c + \lambda \frac{F}{T} v^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Hierin sind c und λ Erfahrungszahlen, und zwar hat man zu setzen

$\lambda = 0{,}18$, ferner:

für Güterzüge . . . . $c = 0{,}004$,

für Personenzüge . . . . $c = 0{,}0034$.

T ist das Gewicht des Zuges, F dessen in Betracht kommende Stirnfläche. Der mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wachsende Widerstand hängt nämlich vorwiegend von der Fläche ab, welche der Wagen bei seiner Bewegung der Luft darbietet, und außerdem muß man sich auch die von den Stößen herrührenden Widerstände auf die Stirnfläche zurückgeführt denken. Da jeder Wagen mehr oder weniger durch das vor ihm befindliche Fahrzeug gegen den Wind geschützt ist, so wird nur ein gewisser Teil der Stirnfläche desselben in Berechnung gezogen werden können. Frank hat gefunden, daß man mit den Versuchen gut übereinstimmende Werte erhält, wenn man

für eine Personenzug-Lokomotive	7	qm
für eine Güterzug-Lokomotive	8	„
für den Gepäckwagen.	1,7	„
für Personen- und bedeckte Güterwagen .	0,5	„
für offene beladene Güterwagen	0,4	„
für leere Güterwagen.	1,0	„
für jeden Personen- oder bedeckten Güterwagen, welcher einem offenen Güterwagen folgt, außerdem	1,0	„

in Anrechnung bringt.

Die große Fläche für den Gepäckwagen ist deshalb angenommen, weil derselbe eine wesentlich größere Stirnfläche besitzt, als die Personen- und gedeckten Güterwagen, zugleich aber in der Regel als erster Wagen hinter dem Tender läuft, der eine geringe Höhe hat. Sollte nun selbst der Gepäckwagen in der Mitte des Zuges laufen, so würde dadurch die Summe der dem Winde dargebotenen Flächen nicht geändert, wenn auch die Stirnwand des ersten Wagens jetzt teilweise an die Stelle des Gepäckwagens tritt.

Nach den, in dem Werke von Vuillemin, Guébhard und Dieudonné enthaltenen Versuchstabellen ermittelt Frank für Güterzüge $F = 21{,}8$ qm, $T = 248\,000$ kg,

$$\omega_g = 0{,}004 + 0{,}000016\, v^2;$$

für Personen- und gemischte Züge $F = 9{,}2$ qm, $T = 100\,000$ kg,

$$\omega_g = 0{,}0034 + 0{,}0000166\, v^2;$$

Launhardt[104]) findet aus den Frank'schen Versuchen unter Zugrundelegung der auf dem preußischen Bahnnetze geltenden Verhältnisse für Güterzüge:

$$\omega_g = 0{,}00292 + 0{,}0000094\, v^2$$

---

[103]) A. a. O., S. 10, 45 und 50.

[104]) Theorie des Trassierens, Hannover 1888, II. Heft, S. 33.

was fast genau mit Clark übereinstimmt. Als einheitliche, für alle Zuggattungen innerhalb der bei denselben vorkommenden Geschwindigkeiten gültige Gleichung giebt Launhardt an

$$\omega_g = 0{,}00273 + 0{,}0000131\, v^2.$$

Infolge von Mängeln in der Legung und Erhaltung des Oberbaues, von Seitenwinden, mangelhafter Beschaffenheit der Radreifen u. dgl. kann indessen der von der Geschwindigkeit abhängige Teil des Widerstandes nach Clark[105]) gelegentlich bis zu 60 % zunehmen.

Hienach wird es sich empfehlen, der Clark'schen Gleichung für den Gebrauch folgende Form zu geben

$$\omega_g = 0{,}003 + 0{,}000015\, v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Für die bei Gebirgsbahnen zu gewärtigenden ungünstigen Verhältnisse dürfte es, um sicher zu gehen, daß die Zugkraft zur Fortbewegung der Züge ausreichen werde, angemessen sein, ein Widerstandsverhältnis

$$\omega_g = 0{,}004 + 0{,}00002\, v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\,A)$$

in Anrechnung zu bringen.

Der Ausdruck (3 A) stimmt mit der Formel Frank's für Güterzüge, und (3) stimmt mit der von Launhardt auf S. 36 seines Werkes für ungünstige Verhältnisse berechneten Formel in den Ergebnissen gut überein.

Nach Versuchen Hoffmann's[106]) scheint der Widerstand der Lenkachsen in der Geraden bei geringster Geschwindigkeit etwa 20 % geringer zu sein, als jener der Steifachsen.

§ 29. II. Widerstand auf Steigungen. — Es sei φ der Neigungswinkel der Bahn gegen die Wagrechte, G das Gewicht des Fahrzeuges. Die Richtung der Zugkraft Z sei gleichlaufend mit der Ebene der Bahn und übereinstimmend mit der Bewegungsrichtung. Die auf der geneigten, geradlinigen Bahn zu überwindenden Reibungswiderstände werden die nämlichen sein, wie in der wagrechten Geraden. In der Steigung kommt dazu noch die, der Richtung der Zugkraft entgegengesetzte Seitenkraft des Zuggewichtes, welche ausgedrückt wird durch

$$(T + M) \sin \varphi$$

wenn wiederum T das Gewicht des Wagenzuges samt dem etwa vorhandenen Tender, M das Gewicht der Lokomotive bezeichnet. Die Größe, um welche das Widerstandsverhältnis auf geneigter Bahn sich vermehrt, ist

$$\omega_\varphi = \pm \sin \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wo das Zeichen + für Steigungen, — für Gefälle gilt. Auf den gewöhnlichen Reibungsbahnen ist übrigens die Neigung stets so gering, daß man den Sinus mit dem Bogen oder der Tangente vertauschen darf, so daß genau genug

$$\omega_\varphi = \pm \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

d. h. bei den hier in Betracht kommenden geringen Neigungen wird sich der Zugwiderstand für jede Tonne Gewicht um so viele Kilogramm vermehren oder vermindern, als die Steigung oder das Gefälle der Bahn, in Millimeter auf das Meter Länge, beträgt. Dieser zunächst aus theoretischen Erwägungen hervorgegangene Satz wird durch die Erfahrung völlig bestätigt.

---

105) Siehe Rankine, a. a. O., S. 635.

106) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1885, S. 207.

Ob die Fahrzeuge Lenkachsen haben oder nicht, ist auf den, lediglich aus der Neigung der Bahn erwachsenden Teil ω_φ des Gesamtwiderstandes natürlich ohne Einfluss, da hier nur das Gewicht, nicht aber die Bauart des Fahrzeuges in Betracht kommt.

§ 30. III. Widerstand in Krümmungen. — Die Ursachen, welche der Bewegung von Eisenbahnfuhrwerken in Krümmungen hinderlich sind, wurden im zweiten Abschnitte eingehend besprochen.

Ruft man sich das Verhalten steifachsiger Fahrzeuge ins Gedächtnis zurück, sowie die Unmöglichkeit der Herstellung eines richtigen Laufkreisverhältnisses auch bei Lenkachsen, so ist leicht einzusehen, daß der Widerstand in Bögen um so größer sein wird, je kleiner der Bogenhalbmesser im Verhältnisse zu Spurweite und Radstand, je weniger günstig die Spurerweiterung bemessen wird, und je weniger die Schienenüberhöhung der Fahrgeschwindigkeit entspricht. Jedenfalls muß der Einfluß des Radstandes sehr beträchtlich sein.

Es sind nun über diese wichtige Frage zahlreiche praktische Versuche und auch eingehende theoretische Untersuchungen angestellt worden. Die ausführlichste Arbeit auf letzterem Gebiete hat Bödecker[107]) geliefert. Da Bödecker alle, den Bogenwiderstand beeinflussenden Umstände thunlichst berücksichtigt, so sind natürlich seine Berechnungen nichts weniger als einfach und leicht verständlich.

Die aus Versuchen unmittelbar hergeleiteten Formeln von Rankine, Latrobe, Redtenbacher, v. Röckl, Launhardt u. a., welchen Mittelwerte zu Grunde liegen, leiden sämtlich an dem Mangel, daß darin der Einfluß der Spurweite und des Radstandes entweder gar nicht oder nicht vollständig zum Ausdrucke gelangt. Wellington behandelt in seinem, unter amerikanischen Ingenieuren sehr verbreiteten Buche[108]) die Aufgabe zu wenig wissenschaftlich und rechnet lediglich mit benannten Zahlen, ohne einen allgemeinen Ausdruck aufzustellen. Wahrscheinlich müßte in den Formeln auch ausgesprochen werden, daß für einen gewissen Kleinstwert des Krümmungshalbmessers r das Fahrzeug im Bogen nicht mehr weiter bewegt werden kann, oder es müßte überhaupt betont werden, bis zu welcher Grenze die Formeln gelten. Dies hat zuerst v. Röckl gethan, dessen Formel lange Zeit in Deutschland bevorzugt wurde.

Bezeichnet r den Krümmungshalbmesser in Meter, ω_r den Betrag, um welchen sich beim Durchfahren von Bögen das Widerstandsverhältnis erhöht, so ist nach v. Röckl:

$$\omega_r = \frac{0{,}6504}{r - 55} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

Launhardt[109]) setzt einfach

$$\omega_r = \frac{1}{r} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2)$$

Möglicher Weise würde man mit Hülfe eines Versuchsapparates eher zu einem, bei wünschenswerter Einfachheit thunlichst zutreffenden, allgemeinen Ausdrucke für das fragliche Gesetz gelangen, als durch die bisherigen Versuche auf wirklichen Eisenbahnen.

---

107) Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene, Hannover, Hahn's Verlag 1887.

108) The economic theory of the location of railways, 5th ed., New York, Wiley & Sons, 1893, von S. 281 an.

109) Theorie des Trassierens, II., S. 36.

Am zutreffendsten dürfte bis jetzt die durch Hoffmann[110]) aufgestellte Formel sein, welche aus sehr eingehenden Versuchen abgeleitet ist. Sie lautet für steifachsige Fahrzeuge

$$\omega_r = 0{,}021 \frac{4l + l^2}{r - 45} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

l bezeichnet den Radstand des Wagens. Hienach müßte also, ohne Rücksicht auf den Radstand, der Wagen im Bogen von 45 m Halbmesser nicht weiter zu bringen sein oder aber entgleisen, was nicht wahrscheinlich ist. An Stelle der Zahl 45 hätte wohl eine Funktion von r zu stehen.

Nach Redtenbacher ist endlich

$$\omega_r = 1{,}162\, \mu \frac{l + s}{2r} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

μ bezeichnet die Reibungsziffer, s die Spurweite. Die Reibungsziffer ist nach Versuchen von Galton und Westinghouse (s. § 9, S. 113) mit der Geschwindigkeit veränderlich; z. B. für 5 km Geschwindigkeit, wie sie bei Hoffmann's Versuchen stattfand, erhielte man ungefähr $\mu = 0{,}13$, daher

$$\omega_r = 0{,}075 \frac{l + s}{r}.$$

Man überzeugt sich indessen leicht, daß die Ergebnisse dieser Formel um so weniger mit den Versuchen übereinstimmen, je größer der Radstand des Fahrzeuges wird, woraus sich schließen läßt, daß dieser Größe zu wenig Einfluß eingeräumt sei.

Ein besonders beachtenswertes Ergebnis der Hoffmann'schen Versuche ist die Feststellung der großen Verringerung des Widerstandes durch Anwendung von Lenkachsen. Nach den genannten Versuchen fällt der Bogenwiderstand bei geringer Geschwindigkeit, bei Wagen mit 5 m Radstand, auf $^1/_2$ bis $^1/_4$ und, bei 7 m Radstand, auf $^1/_3$ bis $^1/_6$ des gleichnamigen Widerstandes der steifachsigen Wagen, wenn man ihn vom Bogen mit 800 m Halbmesser bis zu dem von 170 m Halbmesser verfolgt. Das Verhältnis des Bogenwiderstandes der Steifachsen zu dem der Lenkachsen steigt zu Ungunsten der Steifachsen mit wachsender Bahnkrümmung und wachsendem Radstande, da der Lenkachsen-Bogenwiderstand nur wenig sich vermehrt, wenn Radstand und Bahnkrümmung zunehmen. Aus den Schaulinien zeigt sich, daß sich die fraglichen Lenkachsen wie steifachsige Wagen von 1,5 bis 3,2 m Radstand verhalten haben. Einen Annäherungswert in t/t für den Bogenwiderstand der Lenkachsen erhält man nach Hoffmann durch den Ausdruck

$$\omega_r = 0{,}004 \left(\frac{10\, l}{r} + 0{,}1\right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

§ 31. Beispiel. — Es soll die Last berechnet werden, welche eine Güterzuglokomotive wie Nr. 26 der Zusammenstellung IV, Seite 118, mit einer Fahrgeschwindigkeit von 30 km/St. auf einer Bahn zu befördern vermag, wo in längeren Steigungen von 10 ‰ Bögen von 200 m Halbmesser vorkommen.

Der Güterzug bestehe aus zweiachsigen Wagen von 4 m Radstand, und zwar aus einem Gepäckwagen und im Übrigen je zur Hälfte aus offenen und gedeckten Wagen, deren Ladefähigkeit durchschnittlich mit 50 % ausgenutzt sei.

Wir stellen zunächst fest, daß die verlangte Fahrgeschwindigkeit zulässig

---

[110]) Versuche der sächsischen Staatsbahn über Wagenwiderstände auf normalspurigem Gleise von F. Hoffmann, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1885, S. 174 und 202.

ist, da die Gleichung (b) § 9, Seite 113, für $d = 1{,}13$ und $\tau = 180$, eine größtmögliche Geschwindigkeit von

$$\max v = \frac{180 \cdot 1{,}13 \cdot 3{,}14}{60} = 10{,}6 \text{ m}$$

ergiebt, während wir nur

$$v = \frac{30}{3{,}6} = 8{,}33 \text{ m}$$

brauchen.

Der Widerstand in t/t ist daher:

I. In der wagrechten Geraden, nach § 28, Gleichung (3 A):

$$\omega_g = 0{,}004 + 0{,}00002 \cdot 69{,}4 = 0{,}0054.$$

II. In der Steigung von 10 ‰, nach § 29, Glchg (2):

$$\omega_\varphi = 0{,}010.$$

III. Im Bogen von 200 m Halbmesser, nach § 30, Glchg (3):

$$\omega_r = 0{,}021 \cdot \frac{4 \cdot 4 + 16}{200 - 45} = 0{,}0043.$$

IV. Im Ganzen:

$$\omega = \omega_g + \omega_\varphi + \omega_r = 0{,}0197 \text{ t/t}$$

oder

$$19{,}7 \text{ kg/t}.$$

Die Zugkraft Z der Lokomotive berechnet sich nach § 9. Es ist $c = 50$ cm; $h = 57$ cm; $d = 113$ cm; $p = 11$ at. Daher bei 50 % Füllung nach der Zusammenstellung Seite 115 $\gamma p_i = 5{,}85$; folglich mittels Glchg (2)

$$Z = 5{,}85 \cdot 2500 \cdot \frac{57}{113} = 7{,}4 \text{ t}$$

Die aus dem Reibungsgewichte sich ergebende Zugkraft wird hiedurch noch nicht erreicht. Durch Erhöhung des Füllungsgrades beim Anfahren läßt sich der nötige Zugkraftüberschuß gewinnen.

Die auf der fraglichen Bahn zu befördernde Last ist somit im Ganzen, nach § 26, Glchg (1):

$$M + T = \frac{Z}{\omega} = \frac{7400}{19{,}7} = 376 \text{ t}$$

Hievon ab

Gewicht der Maschine . . . . 55 t
„ des Tenders (Zusammenst. V. Nr. 3) . . 32 t
„ „ Gepäckw. („ I. „ 36) . . 15 t
Zusammen ab 102 t
Verbleibt für die Wagen 274 t.

Es wiegt ein offener Güterw. (Zusammenst. II. Nr. 7), $6{,}4 + \frac{15}{2} = 13{,}9$ t
„ „ „ gedeckter „ „ II. „ 26), $7{,}7 + \frac{12{,}5}{2} = 13{,}95$ t.

Der Zug kann also noch bestehen aus 19 Güterwagen, und zwar aus
10 offenen, Rohgewicht 139 t, Ladung 75 t
9 gedeckten, „ 125,6 t, „ 56 t
264,6 t

Die Ladung beträgt, einschließlich der 5 t des Gepäckwagens, 136 t.

Die Leistung der Maschine in Pferden müßte nach Glchg (3 A) § 9 sein:

$$N = \frac{7400 \cdot 8,33}{75} = 820 \text{ PS.}$$

Da nach Zusammenst. IV die Heizfläche $H = 165$ qm, so wäre $\frac{N}{H} = 4,97$. Die Zusammenstellung S. 115 zeigt aber, daß wir der Maschine eine solche Anstrengung nicht zumuten können. Es bliebe also nur übrig, entweder die Last oder die Fahrgeschwindigkeit zu vermindern.

Nehmen wir $$\frac{N}{H} = 2,2$$

so liefert uns Glchg (4) des § 9

$$v = \left(\frac{N}{H}\right) H \cdot \frac{75}{Z} = 2,2 \cdot 165 \cdot \frac{75}{7400} = 3,68 \text{ m.}$$

Der Widerstand in der wagrechten Geraden wird sich also einigermaßen vermindern, und man sollte nun die Rechnung wiederholen.

Wir erreichen somit nur eine stündliche Fahrgeschwindigkeit von rund 13 km, wobei die Maschine 360 PS. leistet.

Der stündliche Dampfverbrauch ist $14,1 \cdot 340 = 4800$ kg, und der stündliche Wasserverbrauch $4,8 \cdot 1,2 = 5,76$ cbm. Der stündliche Verbrauch an Steinkohle $2,4 \cdot 340 = 815$ kg.

Der Tender fasst aber 12 cbm Wasser und 6,4 t Kohle, so daß bei obiger Anstrengung der Kohlenvorrat auf nahezu 8, der Wasservorrat dagegen nur auf 2 Stunden reicht. Man kann aber auf der Strecke leichter für Wasser als für Kohle sorgen. Wasserstationen sollten in unserem Falle nicht weiter als 26 km, Kohlenstationen nicht über 100 km von einander entfernt sein. Ähnliche Berechnungen sind für eine gegebene Bahn auch bezüglich der anderen, in Betracht kommenden Zuggattungen durchzuführen. War beim Güterzuge die Beibehaltung der größtmöglichen Zugbelastung unter Verzicht auf die größtzulässige Fahrgeschwindigkeit ausschlaggebend, so wird beim Eilzuge das Umgekehrte der Fall sein.

Fünfter Abschnitt.

Mafsgebende Gesichtspunkte für die Wahl der Neigungen und Krümmungen.

§ 32. Mafsgebende Steigung von Eisenbahnen. — Unschädliche und schädliche Steigung. Aus dem vorigen Abschnitte ist zu ersehen, daß die Last, welche mit gegebener Zugkraft sich auf einer Bahn befördern läßt, vorwiegend abhängt von der Größe des Verhältnisses

$$\omega_r + \omega_\varphi = \omega_{r+\varphi}$$

d. h. vom Zusammentreffen von Steigung und Krümmung. Wäre daher von vorne herein ein bestimmter Wert für ω vorgeschrieben, so müßten ω_r und ω_φ so eingerichtet werden, daß jenes ω nicht überschritten wird. In der Geraden, wo $\omega_r = 0$, könnte man daher mit der Steigung bis an die Grenze

$$\max \varphi = \max \omega_\varphi = \omega - \omega_g$$

gehen. Dieses größte, auf der gegebenen Bahnlinie überhaupt zulässige Steigungsverhältnis ist also für die Zugbelastung maßgebend, auch wenn es nur einmal auf einer Strecke vorkommt, die zu lang ist, um mit Unterstützung der, dem Zuge innewohnenden lebendigen Kraft überwunden zu werden.

Die maßgebende Steigung einer Betriebsstrecke ist daher die größte, in der Geraden vorkommende Steigung. Für Krümmungen muß dann folgerichtig sein

$$\varphi = \omega_\varphi \leqq \max \omega_\varphi - \omega_r \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

das heißt, das Steigungsverhältnis darf hier nicht größer werden als der Unterschied zwischen dem maßgebenden Steigungs- und dem Krümmungswiderstandsverhältnisse. In Krümmungen sind also Steigungen um so mehr zu ermäßigen, je kleiner der Bogenhalbmesser wird. Man hat deshalb auch das Verhältnis

$$\max (\omega_r + \omega_\varphi)$$

schlichtweg das maßgebende Steigungsverhältnis genannt, und versteht sonach darunter das dem größten Widerstandsverhältnisse, welches aus dem Zusammentreffen von Steigung und Krümmung erwachsen kann, gleichwertige Steigungsverhältnis, und dasselbe entspricht zugleich der größtmöglichen Steigung in der Geraden.

Dies gilt nun für die Bergfahrt. Allein auch die Thalfahrt ist zu berücksichtigen.

Am günstigsten wäre es wohl, die maßgebende Steigung so zu bemessen, daß bei der Thalfahrt kein mechanisches Wirkungsvermögen vernichtet werden muß in Folge der Notwendigkeit des Bremsens. Es sollte also die bei der Thalfahrt im nämlichen Sinne wie die Zugkraft wirkende Seitenkraft der Schwere höchstens zur

Überwindung der Bewegungswiderstände ausreichen. Ein Überschuß jener Kraft würde als Beschleunigung auf den Zug wirken und müßte möglicherweise durch Bremsen vernichtet werden. Es sollte also sein

$$\omega_g + \omega_r - \varphi > 0, \text{ oder}$$
$$\varphi < \omega_g + \omega_r$$

hienach dürfte in der Geraden das Gefällsverhältnis höchstens gleich sein der Zahl ω_g, oder

$$\varphi \leqq \omega_g \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Dieser Bedingung läßt sich nur im günstigsten Gelände, im Flachlande, genügen, während man im Berglande sich an (1) zu halten hat. Der Ausdruck (1) entspricht sonach den ungünstigst zulässigen Neigungsverhältnissen für die Bergfahrt, der Ausdruck (2) den günstigst möglichen für die Berg- und Thalfahrt, vorausgesetzt, daß der Verkehr nach beiden Richtungen nahezu gleich groß ist. Während bis zu dieser Grenze die Arbeit der Schwerkraft ausgenutzt, der Mehraufwand der Bergfahrt mithin bei der Thalfahrt wieder gewonnen werden kann[111]), ist das bei steileren Neigungen nicht nur unmöglich, sondern es müssen noch die Bremskosten zur Vernichtung solcher Schwerkraftarbeit aufgewandt werden. Es sind demnach die, unter der Grenze $\varphi = \omega_g$ liegenden Neigungen als „unschädliche“, die darüber hinausgehenden als „schädliche“ Neigungen zu bezeichnen.

Faßt man die Thalfahrt allein ins Auge, so erkennt man, daß in Krümmungen die Neigung um den Betrag ω_r größer werden könnte, ohne schädlich zu sein. Ferner kann in schädlichen Neigungen bei der Thalfahrt der, für Krümmungen erforderliche Mehraufwand an Zugkraft von dem Überschusse an Schwerkraft bestritten werden, was in unschädlichen Neigungen nicht der Fall ist. Das Durchfahren von Krümmungen verursacht demnach auf unschädlichen Neigungen in beiden Richtungen, auf schädlichen nur in einer Richtung (bergauf) Mehrkosten, ist somit im ersteren Falle doppelt so teuer, als im letzteren. Krümmungen sind sohin bei Gebirgsbahnen weniger zu scheuen, als bei Flachlandbahnen.

Wenn der Verkehr schwerer ist nach der einen als nach der anderen Richtung und die Zugkraft der Lokomotive die nämliche bleiben soll, so kann die maßgebende Steigung in der Richtung des schwächeren Verkehres größer sein. Der Verkehr wird sich im allgemeinen so vollziehen, daß durchschnittlich dieselben Wagen nach beiden Richtungen gehen, nur mit verschiedener Ladung. Die tote Last bleibt also dieselbe. Es sei nun für die eine Richtung die Nutzlast L_1 und das maßgebende Widerstandsverhältnis ω_1; für die entgegengesetzte Richtung habe man L_2 und ω_2. Die tote Last sei W. Es muß also sein

$$(W + L_1)\,\omega_1 = (W + L_2)\,\omega_2\,,$$

woraus allgemein folgt, daß für

$$L_1 > L_2\,,\ \omega_1 < \omega_2 \text{ sein muß,}$$

oder auch

$$\omega_g + \max \varphi_1 < \omega_g + \max \varphi_2$$
$$\max \varphi_1 < \max \varphi_2\,.$$

111) Vgl. Goering, Neigungsverhältnis, in der Encycl. d. E. W., S. 2443.

Wenn gegeben ist $W + L_1 = G_1$, $W + L_2 = G_2$

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \varepsilon$$

$$\frac{\omega_g + \max\varphi_2}{\omega_g + \max\varphi_1} = \varepsilon$$

so ist $$\omega_g\,(1 - \varepsilon) = \varepsilon \max\varphi_1 - \max\varphi_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

woraus man die eine maßgebende Steigung berechnen kann, wenn die andere gegeben ist.

Beispiel. Legen wir den, im § 31 behandelten Fall zu Grunde und nehmen wir an, es gingen in der einen Richtung nur leere, in der anderen nur beladene Wagen, und es sei wünschenswert, die Züge nach beiden Richtungen mit der nämlichen Lokomotive befördern zu können.

Das Gewicht des vollen Zuges beträgt $G_1 = 376$ t
„ „ der Ladung „ $L_1 = 136$ t
folglich das Gewicht des leeren Zuges $G_2 = 240$ t

Daher ist $$\varepsilon = \frac{240}{374} = 0{,}64, \quad \text{und weil}$$

$$\omega_g = 0{,}0054, \quad \text{so ergiebt Gleichung (3)}$$

für $$\max\varphi_1 = 0{,}010$$

$$\max\varphi_2 = 0{,}64 \cdot 0{,}010 - 0{,}0054\,(1 - 0{,}64) = 0{,}0045$$

und für $$\max\varphi_2 = 0{,}010$$

$$\max\varphi_1 = \frac{0{,}0054\,(1 - 0{,}64) + 0{,}010}{0{,}64} = 0{,}017.$$

Das heißt: Wenn die leeren Züge über die maßgebende Steigung von $10\,^0/_{00}$ gehen sollen, so dürfen Gegensteigungen nur bis zu $4{,}5\,^0/_{00}$ vorkommen; soll aber in der Hauptrichtung $10\,^0/_{00}$ die maßgebende Steigung sein, so könnte man in der entgegengesetzten Richtung mit der maßgebenden Steigung bis zu $17\,^0/_{00}$ gehen.

Je geringer man die maßgebende Steigung festsetzt, desto leistungsfähiger wird die Bahn; aber um so schwieriger wird es, größeren Unebenheiten des Geländes mit der Linie zu folgen, und um so kostspieliger wird unter Umständen der Bau. In erster Reihe ist bei Festsetzung der maßgebenden Steigung an den Verkehr zu denken. Hat man diesen gewissenhaft veranschlagt, um danach die Rohlast der Züge zu berechnen, so sollte die maßgebende Steigung so bemessen werden, daß der Betrieb mittels Lokomotiven von nicht über 7 t Raddruck sich bewältigen läßt.

Zur Entscheidung über die vorteilhafteste Wahl führen nur vergleichende Kostenberechnungen. Als vorteilhafteste Lösung läßt sich jene kennzeichnen, bei welcher die Summe der Baukosten und der zu landesüblichem Zinsfusse kapitalisierten Verkehrskosten ein Kleinstes wird. Je mehr man bei solchen Berechnungen auf die Sache eingeht, desto sicherer wird man gehen. Die vielfach empfohlenen, bequemen, auf Durchschnittszahlen sinnreich aufgebauten empirischen Formeln dagegen sind mit großer Vorsicht zu behandeln. Eine Aufgabe so verwickelter Natur und von so großer Tragweite, wie die Schaffung der Grundlagen für eine zu erbauende Eisenbahn läßt sich nicht im Handumdrehen nach einer einfachen Schablone bewältigen.

Die maßgebende Steigung muß indessen nicht nur in Bögen, sondern auch in Tunnels vermindert werden, weil sich voraussetzen läßt, daß daselbst die Schienen-

oberfläche im allgemeinen sich in einem mehr oder weniger schlüpfrigen Zustande befinden werde, und zwar entweder in Folge von Dampfniederschlägen oder von Seigwässern, die durch das Deckengewölbe auf das Gleis herabtropfen.

Bezeichnet μ die Reibungsziffer für die offene Bahn unter mittleren Verhältnissen, μ' dieselbe für den Tunnel, αM den, auf den Treibrädern ruhenden Teil des Lokomotivgewichtes M, T das Gewicht des Wagenzuges samt etwa vorhandenem Tender, $\max(\omega_r + \varphi)$ das maßgebende Steigungsverhältnis auf offener Bahn, $\omega_r' + \varphi'$ das entsprechend ermäßigte im Tunnel, so ist, bei voller Ausnutzung der Zugkraft, wenn die beförderte Last die nämliche bleiben soll,

$$\alpha M \mu = (\omega_g + \max(\omega_r + \varphi))(M + T)$$

$$\alpha M \mu' = (\omega_g + (\omega_r' + \varphi'))(M + T)$$

daher

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{\omega_g + (\omega_r' + \varphi')}{\omega_g + \max(\omega_r + \varphi)}.$$

Wegen der verminderten Reibung zwischen Rad und Schiene im Tunnel wird jedenfalls auch $\omega_r' < \omega_r$ sein, so daß man sehr sicher geht, wenn man $\omega_r' = \omega_r$ setzt und annimmt

$$\varphi' = \frac{\mu'}{\mu}[\omega_g + \max(\omega_r + \varphi)] - (\omega_g + \omega_r) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

μ' kann nach Beobachtungen bis auf $^1/_{10}$ herabgehen.

Z. B. Es sei

$$\mu = \frac{1}{7},\ \mu' = \frac{1}{10},\ \omega_g = 0{,}005$$

und das maßgebende Steigungsverhältnis

$$\max(\omega_r + \varphi) = 25\,^0/_{00}$$

dann ist für einen Tunnel im Bogen

$$\varphi' = \frac{7}{10}(0{,}005 + 0{,}025) - (0{,}005 + \omega_r) = 0{,}016 - \omega_r$$

oder, wenn der Tunnel in der Geraden liegt,

$$\varphi' = 16\,^0/_{00}.$$

Einfach annäherungsweise $\frac{\varphi'}{\max\varphi} = \frac{\mu'}{\mu}$ zu setzen, wird sich im allgemeinen kaum empfehlen, da man für φ' einen zu großen Wert erhält.

§ 33. Unmerkliche Krümmungen. — Es ist zweckmäßig, festzustellen, wie groß der Halbmesser eines Bogens mindestens sein müßte, damit der, durch den Bogen verursachte Widerstand vernachlässigt und somit der Bogen einer Geraden gleich geachtet werden dürfe. Dies wird dann der Fall sein, wenn der Bogenwiderstand sich nicht mehr scharf genug ermitteln läßt, um noch bei der Berechnung des Gesamtwiderstandes eine Berücksichtigung zu verdienen. Eine Richtschnur gewinnt man durch Vergleichung der, den gebräuchlichen Formeln zu Grunde liegenden Versuchsergebnisse mit den Rechnungsergebnissen.

Im § 28, Seite 182, haben wir, um zufälligen Erschwernissen der Fortbewegung Rechnung zu tragen, den von der Geschwindigkeit abhängigen Teil des Widerstandes auf gerader Bahn bereits um 60 % vermehrt.

Hoffmann's Formel für den Widerstand in Krümmungen, Glchg. (3), § 30, liefert im Durchschnitte um etwa 10 % zu große oder zu kleine Werte gegenüber den Versuchsergebnissen.

Man wird also wohl zufrieden sein dürfen, wenn auch der, nach der Clark'schen Formel berechnete Widerstand ω_g für die wagrechte Gerade auf 10 % mit der Wirklichkeit übereinstimmt; und wenn der rechnungsmäßige Betrag von ω_r nur mehr 10 % vom Werte ω_g beträgt, so ist es gewiss statthaft zu vermuten, daß jener Wert nicht mehr ganz sicher sei und eben so gut vernachlässigt werden dürfe. Bezeichnen wir daher durch r_0 den gesuchten Grenzwert des Bogenhalbmessers, so wird die oben erörterte Beziehung ausgedrückt durch

$$\omega_r \leqq \frac{1}{10}\, \omega_g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

oder mit Benutzung der Ausdrücke (3) § 28 und (3) § 30

$$3 + 0{,}015\, v^2 = 210\, \frac{4l + l^2}{r_0 - 45}$$

woraus genau genug

$$r_0 = \frac{14000\,(4l + l^2)}{200 + v^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Es muß auf den ersten Blick befremden, daß nach diesem Ausdrucke r_0 mit wachsender Fahrgeschwindigkeit rasch abnimmt. Allein nach Hoffmann's Versuchen ließ sich eine Abhängigkeit des Bogenwiderstandes von der Fahrgeschwindigkeit, welche andere Fachmänner in hohem Maße wahrgenommen zu haben behaupteten, nicht feststellen, und der Bogenwiderstand muß daher gegen den Widerstand in der Geraden um so mehr zurücktreten, als die Fahrgeschwindigkeit wächst.

Wäre z. B. im Mittel $l = 4$ m, $v = 10$ m, dann ergäbe sich nach Glchg. (2)

$$r_0 = \frac{14000\,(4 \cdot 4 + 16)}{200 + 100} = 1500 \text{ m rund.}$$

Bögen von 1500 m Halbmesser und darüber wären also in diesem Falle der Geraden gleich zu achten. Nach Glchg (2) des § 19 ist die entsprechende Überhöhung rund 1 cm, also gleichfalls eine Größe, an deren Vernachlässigung nicht viel gelegen wäre.

§ 34. Verbindung von Steigungen und Krümmungen. Länge ununterbrochener Steigungen. — Aus den, im § 32 und § 33 gegebenen Erklärungen geht hervor, daß in geraden Strecken und in flachen, der Geraden gleich zu achtenden Krümmungen die Steigung den vollen Wert

$$\max\,(\varphi + \omega_r)$$

erreichen darf, daß sie aber in Bögen um die Größe ω_r vermindert werden muß, wenn die Züge nicht Gefahr laufen sollen, hier bei der Bergfahrt stecken zu bleiben.

Daraus darf man aber noch nicht allgemein folgern, daß man am Ende jedes Bogens und jeder Geraden einen Gefällsbruch anordnen müsse, nur um die maßgebende Steigung möglichst grundsatzgetreu durchzuführen. Dies wäre nur am Platze, wenn lange Bögen und lange Geraden auf einander folgten, keineswegs aber, wo man, um eine schwer zugängliche Höhe zu erklimmen, Bogen auf Bogen von kleinem Halbmesser anwenden muß und nur kurze Zwischengeraden einschalten kann. Hier sollte dann ausschließlich die, um den größten Bogenwiderstand verminderte maßgebende Steigung auf längere Strecken ununterbrochen in Anwendung kommen, auch wenn ab und zu flachere Bögen mit unterlaufen, und sollte der Grundsatz gelten, ein und dasselbe Neigungsverhältnis stets auf möglichst langen Strecken beizubehalten. Die strenge Durchführung der maßgebenden Steigung würde, wie anfangs angedeutet, bei raschem Wechsel von Bögen und Geraden die Thalfahrt zu

einer sehr ungleichförmigen, ruckweisen gestalten, abgesehen davon, daß allzu rasch aufeinander folgende Gefällsbrüche den Lokomotivführer verwirren und die Sicherheit der Fahrt beeinträchtigen könnten.

Die Entfernungen zwischen den einzelnen Gefällsbrüchen sollten also möglichst groß gemacht werden und zwar, mit Rücksicht auf den zuletzt erwähnten Umstand, um so größer, je größer die Fahrgeschwindigkeit.

Für die obere Grenze der Länge ununterbrochener Steigungen ist die Erwägung maßgebend, daß der bergwärts mit voller Kraft arbeitenden Lokomotive weder der Brennstoff- noch der Wasservorrat ausgehen darf, und zwar wird nach dem am Schlusse des § 31 Mitgeteilten im allgemeinen letzterer den Ausschlag geben.

Man muß indessen nicht nur die Bergfahrt, sondern auch die Thalfahrt bei starken Steigungen von großer Länge berücksichtigen.

Ein Festbremsen der Räder ist zu vermeiden, weil sie dadurch unrund werden. Dann aber können sich in Folge der Reibung hölzerne Bremsklötze so stark erhitzen, daß sie Feuer fangen (wie dies nach Eröffnung der Brennerbahn häufig vorkam), Luftbremsen werden so heiß, daß ein Schadhaftwerden des Cylinders zu befürchten steht, und eiserne Bremsklötze geraten ins Glühen und gehen unter Umständen schon nach wenigen Stunden zu Grunde. Die Sicherheit kann sonach ernstlich gefährdet werden, und man muß daher auf Gebirgsbahnen, wo schwere Züge verkehren, nicht nur die Bremsarbeit auf die einzelnen Fahrzeuge möglichst verteilen und an Bremswagen nicht sparen, sondern auch, wo sehr starke Steigungen auf ungewöhnlich große Entfernungen unvermeidlich wären, durch streckenweise Einschaltung von Halte- oder Raststellen mit nahezu wagrechter Gleislage von hinreichender Länge ein Nachsehen und etwaiges Kühlen der Bremsen ermöglichen, sowie Ersatzstücke an geeigneten Punkten der Strecke vorrätig halten. Wenn die Raststellen zugleich als Haltestellen für den Verkehr sich benutzen lassen, um so besser.

§ 35. Wahl der Krümmungs- und Neigungsverhältnisse. — Nach dem Vorangegangenen wird man in erster Linie zu trachten haben, nur unschädliche Steigungen und unmerkliche Krümmungen anzuwenden. Im günstigsten Gelände läßt sich das auch durchführen. In dem Entwurfe des Verfassers für die 100 km lange Linie Bogojeva Török-Becse in Süd-Ungarn kommen keine stärkeren Steigungen als 5‰ und keine kleineren Bogenhalbmesser als 1500 m vor. Wenn aber die Frage auftritt, welche größte Steigung und welcher kleinste Bogenhalbmesser im gegebenen Falle sich am besten empfehle, dann muß man in die Sache näher eingehen.

a) Größtes Steigungsverhältnis.

Die T. V. empfehlen für Haupt- und Nebenbahnen im § 27, die Neigung nicht steiler als 25‰, bezw. 30‰ zu wählen. Für Lokaleisenbahnen wird im § 23 der „Grundzüge" von der Anlage einer Neigung von mehr als 45‰ abgeraten. Im § 31 und § 32 dieses Kapitels ist gezeigt worden, wie man im gegebenen Falle die, vom Standpunkte des Betriebes noch zweckmäßige maßgebende Steigung bestimmen, oder eine, durch die Geländeverhältnisse bedingte Steigung auf ihre Zweckmäßigkeit vom betriebstechnischen Standpunkte prüfen kann. Wo mehrere Linien in Betracht kommen können, führen nur vergleichende Entwürfe und Kostenberechnungen zum Ziele, und zwar um so sicherer, je eingehender man sie behandelt.

Die äußerste Grenze, bis zu welcher man mit der Steigung bei Reibungsbahnen gehen kann, läßt sich aber nicht durch bloße Rechnung festsetzen. Man

muß dabei die bis heute vorliegenden Erfahrungen wohl zu Rate ziehen. Auf Nebenbahnen sind mit Erfolg bedeutend größere Steigungen angewendet worden, als auf Hauptbahnen, und zwar ist man naturgemäß hierin in Gebirgsländern am weitesten zu gehen veranlaßt gewesen. Die, allerdings nur zur Beförderung von Ausflüglern während der Sommerzeit dienende Reibungsbahn von Zürich auf den Utliberg dürfte mit 70‰ so ziemlich allein dastehen. Sonst finden sich in der Schweiz noch kleine Bahnen mit 40 bis 50‰. Die Bahn von Reichenhall nach Berchtesgaden in Bayern hat 40‰. Nach einem Entwurfe des Verfassers war für eine vollspurige Lokalbahn von Meran über den Finstermünzpaß nach Landeck in Tyrol (128 km) eine maßgebende Steigung von 55‰ in Aussicht genommen, welche aber nur in den scharfen Bögen der offenen Strecken zur Geltung kam. Die thatsächliche Neigung beträgt nicht über 50‰ und ist in den langen Tunnels auf 40‰ ermäßigt.

Bei Hauptgebirgsbahnen finden sich folgende Steigungen:

Semmeringbahn	25‰
Brennerbahn	25‰
sog. Mont-Cenis-Bahn (Susa-Modane)	30,2‰
Gotthardbahn	27‰
Arlbergbahn	33‰

Die bei den österreichischen Alpenbahnen gemachten Erfahrungen scheinen dafür zu sprechen, daß auf Bahnen mit starkem Verkehre die Neigung von 25‰ nicht überschritten werden sollte. In den Gefällen von 33‰ auf der westlichen Rampe der Arlbergbahn erhitzen sich die eisernen Bremsklötze so stark, daß sie wahrscheinlich glühend werden, denn nur so dürfte es zu erklären sein, wenn sie manchmal schon nach einer einzigen Thalfahrt ganz unbrauchbar werden und ausgewechselt werden müssen. Letzteres geht zwar, dank den bereit gehaltenen Vorräten, der zweckmäßigen Anordnung und den trefflichen Einrichtungen überhaupt, leicht und rasch, bleibt aber immerhin für die Bahnverwaltung eine Last.

b. Kleinster Bogenhalbmesser.

Man könnte die Aufgabe stellen, bei festgesetztem maßgebenden Gesamtwiderstandsverhältnisse ω und gegebenem Steigungsverhältnisse φ aus der Gleichung

$$\omega_r = \omega - (\omega_g + \varphi)$$

den kleinstzulässigen Bogenhalbmesser zu berechnen. In solcher Form wird sich indessen selten ein Fall darbieten. Man wird sich vielmehr von praktischen Erwägungen bestimmen lassen.

In den T. V. heißt es bezüglich der Hauptbahnen:

§ 28. [1] Die Halbmesser der Krümmungen sollen möglichst groß und in der Regel nicht kleiner als 300 m gewählt werden.

[2] Krümmungen von weniger als 180 m Halbmesser sind unzulässig.

Absatz 2 wird auch für Nebeneisenbahnen empfohlen. Die Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen enthalten im § 24[1a] und [1b] die Bestimmung:

Der Halbmesser der Krümmungen soll bei Vollspurbahnen, auf welche Wagen der Hauptbahn übergehen, in der Regel nicht kleiner als 150 m, bei vollspurigen Anschlußgleisen nicht kleiner als 60 m sein.

Mit der Schärfe der Krümmungen wächst der Zugwiderstand und mit diesem wachsen Abnutzung und Betriebskosten.

Es muß daher als Grundsatz gelten, die Bogenhalbmesser so groß als möglich zu wählen und scharfe Bögen, namentlich solche vom kleinstzulässigen Halbmesser nur dort zu verwenden, wo sie das einzige Mittel bleiben, um ernstlichen Bauschwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, also in seltenen Ausnahmefällen.

§ 36. Verlorene Steigung[112]. — Als verlorene Steigung ist jede Abweichung von der einheitlichen Steigung zu betrachten, welche gegenüber der letzteren eine Erhöhung der Zugkraftleistung verursacht. Eisenbahnstrecken mit gebrochenen Steigungen oder selbst Gegengefällen haben keine verlorene Steigung, wenn auf ihnen die Zugkraftleistung nicht größer wird, als auf der einheitlichen Steigung. Unter welchen Bedingungen dies möglich sei, soll nun untersucht werden.

Zwischen zwei Punkten von gegebenem Höhenunterschiede ist bei einer Eisenbahn nur dann die einheitliche Steigung unter allen Umständen für den Verkehr am günstigsten, wenn diese Steigung zugleich die maßgebende Steigung ist; denn die Zugkraftleistung wird um so geringer, je kleiner die maßgebende Steigung.

Sollen dagegen zwischen zwei Punkten A und B, welche einen Längenabstand l und einen Höhenabstand h haben, die Steigungsverhältnisse ohne Berücksichtigung der Kosten des Bahnbaues, lediglich in der, für den Betrieb günstigsten Weise festgestellt werden, so sind zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich, ob die einheitliche Steigung $\varphi = \frac{h}{l}$ eine unschädliche oder eine schädliche, d. h. ob sie kleiner oder größer ist, als ω_g.

Erster Fall. Es sei $\varphi = \frac{h}{l} < \omega_g$.

Der Einfachheit halber nehmen wir an, die Strecke sei gerade. Die Zugkraftleistung der Lokomotive bei der Bergfahrt ist auf der einheitlichen Steigung:

$$(T + M)(\omega_g + \varphi) l = (T + M)(\omega_g l + h) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Stellt man aber von einem Endpunkte A bis zu einem Zwischenpunkte C, im Abstande l_1 von A, ein Gefäll ω_g und von C bis zum anderen Endpunkte B die maßgebende Steigung φ_0 her, so daß

$$h = \varphi_0 (l - l_1) - \omega_g l_1$$

dann ist die Zugkraftleistung der Lokomotive auf der Strecke $\overline{AC}$ gleich Null und auf der Strecke $\overline{CB}$

$$\begin{aligned} &(T + M)(\omega_g + \varphi_0)(l - l_1) \\ &= (T + M)[\omega_g l + \varphi_0 (l - l_1) - \omega_g l_1] \\ &= (T + M)(\omega_g l + h). \end{aligned}$$

Die Zugkraftleistung ist also bei der Bergfahrt auf der gebrochenen Steigung genau so groß, wie auf der einheitlichen Steigung.

Für die Thalfahrt finden wir Folgendes: Auf einheitlichem Gefälle $\varphi < \omega_g$ ist die Zugkraftleistung der Lokomotive

$$(T + M)(\omega_g - \varphi) l = (T + M)(\omega_g l - h) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Auf dem vorhin angenommenen gebrochenen Gefälle aber ist sie

von B nach C 0

„ C „ A .... $(T + M)(\omega_g + \omega_g) l_1$.

---

[112]) Nach Launhardt, Theorie des Trassierens II, S. 165.

Die Leistungen wären gleich, wenn

$$\omega_g l - h = 2\omega_g l_1$$

oder

$$\omega_g (l - 2l_1) = h$$

weil aber zugleich sein muß

$$h = \varphi_0 (l - l_1) - \omega_g l_1$$

so folgt

$$\varphi_0 = \omega_g$$

d. h. es darf keine schädliche Steigung vorkommen.

Zweiter Fall. Die einheitliche Steigung sei eine schädliche Steigung, also $\varphi > \omega_g$. Für die Bergfahrt ergiebt sich wieder dasselbe wie im ersten Falle.

Bei der Thalfahrt ist, weil $\varphi > \omega_g$, auf der einheitlichen Steigung keine Zugkraft nötig. Auf der gebrochenen aber kann das Gleiche nur der Fall sein, wenn in der Richtung *BCA* keine Steigung, sondern nur Gefälle vorkommt und zwar solches, welches $> \omega_g$, also kein unschädliches ist.

Eine Eisenbahnstrecke hat also keine verlorene Steigung, wenn die in ihr vorkommenden Steigungen entweder

a) ohne Ausnahme unschädlich sind, gleichgiltig in welcher Richtung sie verlaufen, oder wenn sie

b) alle schädlich sind und in derselben Richtung ansteigen.

Es ist dabei einerlei, ob der Verkehr in beiden Richtungen gleich oder ungleich ist.

Bei den, im § 32, auf Seite 189 gerechneten Beispielen haben wir es nach Obigem mit verlorenen Steigungen zu thun, trotz des Einklanges, der zwischen den Gegensteigungen hergestellt wurde.

§ 37. Anlaufsteigung[113]. — Steile Rampen von geringer Länge, für deren Überwindung die Zugkraft der Lokomotive nicht ausreicht, können unter teilweiser Ausnutzung der lebendigen Kraft des Zuges, oder, wie man sagt, durch „Anlauf“ erstiegen werden. Ist v die Geschwindigkeit, mit welcher der Zug am Fuße der Rampe anlangt, und soll der Zug am oberen Ende der Rampe noch eine Geschwindigkeit v_0 besitzen, so ist die lebendige Kraft, welche beim Ersteigen der Rampe zur Unterstützung der Zugkraft der Lokomotive sich ausnutzen läßt,

$$\frac{(T+M)}{2g}(v^2 - v_0^2)\,\eta \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

worin $\eta > 1$ eine Zahl ist, durch welche dem Zuwachse Rechnung getragen wird, welchen die, der fortschreitenden Bewegung des Zuges entsprechende lebendige Kraft erfährt durch die in Drehung befindlichen Massen der Räder und Achsen. Im Mittel kann man etwa annehmen $\eta = 1{,}08$.

Das Gesamtwiderstandsverhältnis für eine Strecke sei ω_1; für dieses sei die Zugkraft $(T+M)\,\omega_1$ eben vorhanden. Nun folge aber auf eine Länge l eine Steigung $\varphi_2 > \varphi_1$, welche das Widerstandsverhältnis auf ω_2 erhöht und eine Zugkraft $(T+M)\,\omega_2$ erforderte, wie sie die Lokomotive nicht mehr zu leisten vermag. Der Unterschied muß also auf die Weglänge l durch die lebendige Kraft des Zuges geleistet werden, oder es muß sein

$$(T+M)(\omega_2 - \omega_1)\,l = (T+M)\,\frac{v^2 - v_0^2}{2g}\cdot\eta.$$

---

113) Vgl. auch Launhardt, a. a. O., II. S. 160.

Wenn man den Umstand, daß ω_g mit der Fahrgeschwindigkeit abnimmt, also in ω_2 kleiner ist als in ω_1, nicht berücksichtigt, welche Vernachlässigung zu Gunsten der Sicherheit ist, so kann man an Stelle von ω_2 und ω_1 die maßgebenden Steigungen φ_2' und φ_1' einführen; nimmt man zur weiteren Erhöhung der Sicherheit auf die lebendige Kraft der sich drehenden Massen keine Rücksicht, indem man $\eta = 1$ setzt, so ergiebt sich die Gebrauchsformel

$$l = \frac{v^2 - v_0^2}{2g(\varphi_2' - \varphi_1')} \quad \ldots \quad (2)$$

Von Wichtigkeit wird die Entscheidung der Frage für Güterzüge sein, da für Personenzüge, vermöge ihrer größeren Fahrgeschwindigkeit, allemal die Anlauflänge ausreichen wird, wenn sie für Güterzüge genügt.

Z. B. Es sei $v = 10$ m, $v_0 = 5$ m, $\varphi_2' = 5/1000$, $\varphi_1' = 2{,}5/1000$, dann ergiebt Gleichung (2)

$$l = \frac{100 - 25}{19{,}6\,(5 - 2{,}5)} \cdot 1000 = 1500 \text{ m}.$$

Wenn also auf einer Bahn mit der maßgebenden Steigung von $2{,}5\,^0/_{00}$ Strecken von $5\,^0/_{00}$ unterlaufen, welche nicht länger als 1500 m und so gelegen sind, daß die Züge mit etwa 10 m Geschwindigkeit anfahren können, so haben sie auf die Zusammenstellung der Züge keinen Einfluß, und letztere können wie für $2{,}5\,^0/_{00}$ belastet werden.

Anlauframpen sind indessen stets unsichere Stellen, da bei Unaufmerksamkeit des Lokomotivführers oder ungünstiger Witterung ein Steckenbleiben nicht ausgeschlossen ist. Sie sollten daher nur mit großer Vorsicht und Überlegung angewandt werden. Kurze und steile Anlauframpen sind jedenfalls zu vermeiden.

§ 38. Wirkung der Bremsen[114]. — Durch die Bremsen wird bekanntlich eine größere oder geringere Zahl von Rädern gehindert, sich zu drehen, und daher gezwungen, auf den Schienen zu gleiten. Die Widerstandsziffer ω_g für die gerade, wagrechte Bahn erhöht sich dann auf den Wert ξ, und der Zug legt nach erfolgter Absperrung des Dampfes und Anlegung der Bremsen noch eine Weglänge s zurück, worauf er zum Stehen kommt. Zwischen dem Geben des Haltezeichens und dem Eintritte der Bremswirkung verstreicht eine Zeit, welche bei Handbremsen bis zu 10 Sec. betragen kann, bei selbstthätigen Bremsen aber viel kürzer ist.

Bezeichnet $m = \frac{T + M}{g}$ die Masse des Zuges, v die Anfangsgeschwindigkeit, und hat η wieder dieselbe Bedeutung, wie im vorigen Paragraphen, dann ist

$$\eta \frac{T + M}{2g} v^2 = (T + M)(\xi + \omega_r \pm \varphi)\, s$$

daher

$$s = \frac{\eta v^2}{2g(\xi + \omega_r \pm \varphi)} \quad \ldots \quad (1)$$

Je nachdem das Bremsen in der Steigung oder im Gefälle erfolgt, ist φ positiv oder negativ zu nehmen.

Bedeutet ferner ω_g' das mittlere Widerstandsverhältnis für eine gerade, wagrechte Bremsstrecke, ν einen Bruch, welcher angiebt, der wievielte Teil der Achsen

[114]) Eine gründliche Behandlung des Gegenstandes bieten die „Studien über die Wirkung der Eisenbahnwagen-Bremsen von J. Bartl, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1887, S. 9 und 47. Siehe auch Wittfeld, Beitrag zur Theorie der Bremsen, Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 311; sowie „Größe des Reibungs-Beiwertes für verschiedene Geschwindigkeiten", ebenda 1894, S. 73.

des Zuges gebremst wird, χ den in Betracht kommenden Reibungsbeiwert, so kann man setzen

$$\xi = \omega'_g + \nu\chi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Der Zahl ω_g' wird man zur Sicherheit günstige Verhältnisse, also Gleichg. (1), § 28, Seite 180, zu Grunde legen, indem man gleichzeitig nicht das Quadrat der Anfangsgeschwindigkeit v, sondern den Mittelwert des Quadrates der, auf der Bremsstrecke von v bis 0 gleichmäßig abnehmenden Geschwindigkeit einführt, nämlich $v'^2 = \frac{v^2}{3}$, wonach

$$\omega_g' = 0{,}003 + 0{,}000\,0031\, v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Nach den Versuchen Poirée's, welche in neuerer Zeit durch jene von Galton und Wichert bestätigt wurden, steht fest, daß die Reibung, sowohl zwischen Bremsklotz und Rad, als auch zwischen Rad und Schiene, mit zunehmender Geschwindigkeit sich vermindert. Die Reibung eiserner Radreifen auf Eisenschienen ist dabei größer, als jene von stählernen Reifen auf Stahlschienen.

Die, durch die oben genannten Forscher ermittelten Werte für die Reibungsziffern weichen indessen ziemlich bedeutend von einander ab; namentlich Galton's Versuche ergaben eine auffallend geringe Reibung zwischen Stahlrädern und Stahlschienen bei sehr großen Fahrgeschwindigkeiten.

Die größte Bremswirkung aber würde man, obigem Gesetze zufolge, erzielen, wenn man die Räder nicht festbremste, sondern nur so weit in ihrer Drehung hemmte, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sie auf den Schienen gleiten, eine möglichst geringe wird. Dies bestätigen auch die Versuche.

Soll nun ein Wagen oder ein Eisenbahnzug zum Stillstande gebracht werden, so kann man für die ganze Bremsdauer einen mittleren Beiwert χ_m der gleitenden Reibung in Rechnung stellen, wie er, auf Grund der, durch Wichert in Berlin angestellten Versuche[115]) unter Annahme ungünstiger Verhältnisse für verschiedene Geschwindigkeiten berechnet wurde und in der folgenden Zusammenstellung angegeben ist.

Anfangsgeschwindigkeit in km auf die Stunde	10	20	30	40	50	60	70	80	90
„ „ m „ „ Sekunde	2,78	5,56	8,34	11,1	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0
Mittlerer Reibungs-Beiwert χ_m	0,201	0,164	0,142	0,128	0,117	0,109	0,103	0,098	0,093

Es zeigt sich, daß auf gerader, wagrechter Bahn, selbst bei bedeutender Fahrgeschwindigkeit, der Widerstand ω_g' noch sehr klein ist gegen χ_m, so daß man mit der Annäherung

$$s = \frac{1{,}08\, v^2}{2g\,(\nu\chi_m + \omega_r \pm \varphi)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1\,\text{A})$$

sicher gehen und meistens ausreichen dürfte.

115) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., 1889, S. 114.

Litteratur.

Es sind hier nur selbständige Werke aufgeführt. Hinweise auf benutzte Aufsätze in Zeitschriften finden sich im Texte.

Brown. History of the first Locomotive in England.

A. v. Schmid. Mitteilungen über die Vorbereitung der materiellen Mittel zum Betriebe der Eisenbahn über den Semmering. Wien 1852.

W. Engerth. Die Lokomotiven der Staats-Eisenbahn über den Semmering. Wien 1854.

Aug. Perdonnet. Traité élémentaire des chemins de fer. Paris 1855.
Mitteilungen über die zur Londoner Ausstellung im Jahre 1862 von der k. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft gesendeten Gegenstände.
L. Vuillemin, A. Guébhard et C. Dieudonné. De la résistance des trains et de la puissance des machines. Paris 1867.
H. Scheffler. Die Wirkung zwischen Schiene und Rad. Braunschweig 1868.
Emil Winkler. Vorträge über Eisenbahnbau. Prag 1871.
Helmert. Die Übergangskurven für Eisenbahngleise. Aachen 1872.
Bericht über den Bau und Bestand der k. k. priv. österr. Nordwestbahn. Wien 1873.
Edm. Heusinger von Waldegg. Handbuch für specielle Eisenbahntechnik. Leipzig.
Victor Kramer., Der Maschinendienst der Brennerbahn.
A. v. Kaven. Vorträge über Eisenbahnbau, Heft III, IV, VI. Aachen 1875—1878.
Emil Tilp. Der praktische Maschinendienst im Eisenbahnwesen. Wien 1877.
C. E. Spooner. Narrow Gauge Railways, II. ed. London 1879.
Rankine. Handbuch der Bauingenieurkunst. Deutsch v. F. Kreuter. Wien 1880.
Albert Frank. Die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge u. s. w. Preisgekrönte Abhandlung. Wiesbaden 1886.
Bödecker. Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene. Hannover 1887.
Launhardt. Theorie des Trassierens. Hannover 1887 und 1888.
Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Nebeneisenbahnen. Herausgeg. von der geschäftsführenden Verwaltung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. Berlin 1890.
Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen. Herausgeg. von der geschäftsf. Verw. des Ver. Dtsch. Eisenb.-Verw. Berlin 1890.
Freie Lenkachsen für Zug-Geschwindigkeiten bis 90 km in der Stunde und für Wagen mit und ohne Bremsen. Ausgegeben von der geschäftsführenden Verwaltung des V. D. E. V. Berlin 1891.
Die Vereins-Lenkachsen. Sonderabdruck aus dem Org. f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. Wiesbaden 1891.
Die Vereins-Lenkachsen. Ausgeg. von der geschäftsführenden Verwaltg. d. V. D. E. V. Berlin 1891.
W. Ast. Rélation entre la voie et le matériel roulant (Congrès international des chemins de fer St. Pétersbourg 1892, question V. A.).
Verkehrsordnung für die Eisenbahnen Deutschlands. Berlin 1892.
A. pr. Kaiser Ferdinands Nordbahn. Anhang zur Instruction III No. 15 für die Bahnerhaltung. Wien 1892.
A. M. Wellington. The economic theory of the location of railways, 5th ed. New-York 1893.
Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens, herausgeg. von Dr. Victor Röll. Wien 1890 bis 1895.
H. v. Littrow. Das Eisenbahnwesen auf der Weltausstellung in Chicago. (Officieller Bericht der k. k. österr. Centralkommission für die Weltausstellung in Chicago 1893, Heft VIII). Wien 1895.
Ernst Reitler. Über Anlage und Einrichtungen nordamerikanischer Bahnhöfe. Wien 1895.
Ders. Über englische Güterbahnhöfe. Wien 1895.
Ders. Über englischen und nordamerikanischen Oberbau. Wien 1895.
Vorschriften für die Herstellung und Unterhaltung des Querschwellen-Oberbaues auf den kgl. bayerischen Staatsbahnen. 1895.
Technische Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Sachregister.

